



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO – CTC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
TRANSPORTES E GESTÃO TERRITORIAL – PPGTG

PEDRO HENRIQUE MACHADO PORATH

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA GERAÇÃO DE MAPA DE
APTIDÃO DE ZONAS INDUSTRIAIS NO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU -
SC**

FLORIANÓPOLIS – SC

2019

Pedro Henrique Machado Porath

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA GERAÇÃO DE MAPA DE APTIDÃO DE
ZONAS INDUSTRIAIS NO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU - SC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.
Orientador: Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira

Florianópolis – SC

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da
Biblioteca Universitária da UFSC.

Porath, Pedro Henrique Machado
Análise Multicritério para Geração
de Mapa de Aptidão de Zonas Industriais no Município de
Biguaçu - SC / Pedro Henrique Machado Porath;
orientador,
Francisco Henrique de Oliveira, 2019.
141 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão
Territorial, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.
2. Processo Analítico Hierárquico. 3. Sistema de
Informação Geográfica. 4. Zona Industrial. I.
Oliveira, Francisco Henrique de. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.
III. Título.

Pedro Henrique Machado Porath
**Análise Multicritério para Geração de Mapa de Aptidão de Zonas Industriais no
Município de Biguaçu – SC**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Samuel Steiner dos Santos, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Flávio Boscatto, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Coordenação do Programa PPGTG

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira
Orientador

Florianópolis, 06 de dezembro de 2019.

Este trabalho é dedicado à minha esposa e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela força, proteção e inspiração ao longo deste percurso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira pela amizade, orientação e apoio prestado não apenas durante o período de formação no curso de Pós-Graduação, mas também em minha iniciação científica (graduação).

Aos professores do programa PPGTG por terem compartilhado e apresentado com excelência novos saberes que foram de grande importância para o desenvolvimento desta produção.

A minha esposa Aline, por ser minha amiga, companheira e principalmente encarar comigo os percursos da vida.

Aos meus queridos pais Reginaldo e Marisley, por serem fonte de inspiração, estarem sempre presentes e investirem na minha educação.

Aos meus irmãos João Filipe e Maria Luisa, pela amizade e momentos de conversa que me ajudaram na constituição deste projeto.

Meus sinceros agradecimentos também a todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

RESUMO

É notório que na maioria dos municípios brasileiros a desordenada expansão urbana deixou como herança negativa o atual cenário de frágil planejamento espacial/territorial. O qual traz à tona desafios à administração pública, no processo de definir modelos de resoluções, pautados no reconhecimento espacial e utilizando método que recorra ao uso de mapas temáticos e sistemas inteligentes de gerenciamento de dados espaciais. Os problemas gerenciais da administração pública, quer seja no planejamento prévio ou no monitoramento e controle da ocupação territorial, frente a definição de áreas e regras específicas de ocupação, são recorrentes para os municípios brasileiros. De modo especial verifica-se essa situação para o Município de Biguaçu – SC, que demanda de um aporte que o auxilie nessa tomada de decisão – uma vez que sua dinâmica é afetada e influenciada pela região metropolitana da Grande Florianópolis. Neste contexto, a pesquisa propõe o desenvolvimento de um método para sugestão de áreas potenciais para auxílio a definição de Zonas Industriais. O método utilizado foi desenvolvido em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica aplicando-se dois modelos: Booleano por meio do qual os critérios têm por características serem restritivos, e o Processo Analítico Hierárquico (AHP) técnica de análise multicritério cujos critérios possuem pesos de aptidão diferenciados. Apesar da dificuldade na obtenção de dados georreferenciados a um nível de escala padronizado, no meio científico o método é sustentado e apresenta resultados efetivos para auxílio à tomada de decisão. Por meio da integração dos modelos Booleano e AHP obteve-se como resultado gráfico um Mapa de Aptidão de Zonas Industriais, as quais foram confrontadas com o atual planejamento e definição do Plano Diretor do município para se avaliar a correlação e real efetividade entre os dois procedimentos. Essa correlação é sustentada aplicando-se ainda uma validação apoiada no princípio da Correlação Linear de Pearson. Por fim, como resultado da aplicação do método obteve-se as reais zonas ótimas orientativas ao município no mapa temático, visando implantar infraestrutura de interesse ao perfil industrial local para o Município de Biguaçu-SC e, portanto, orientar as políticas públicas municipal na tomada de decisão.

Palavras-chave: Processo Analítico Hierárquico, Sistema de Informação Geográfica, Zona Industrial.

ABSTRACT

It is notorious that in most Brazilian municipalities the disorderly urban sprawl left as a negative inheritance the current scenario of the fragile spatial/territorial planning. This brings up challenges to the public administration, in the process of to define the resolution modeling, based on spatial recognition and using a method that resorts to the use of thematic maps and intelligent spatial data management systems. The management problems of the public administration, whether in prior planning or monitoring and control of territorial occupation, given the definition of areas and specific occupation rules, are recurrent for Brazilian municipalities. In a special way it is possible to verify this situation for the Municipality of Biguaçu - SC, which requires a contribution that helps decision making - once its dynamic is affected and influenced by the Greater Florianópolis metropolitan region. In this context, the research proposal the development of a method that suggests potential areas as an aid in the definition of Industrial Zones. The method used was developed in the environment of the Geographic Information System, applying two models: Boolean where the criteria have restrictive characteristics, and the Analytic Hierarchy Process (AHP), multicriteria analysis technique, where the criteria have different weights. Despite the difficulty in obtaining georeferenced data at a standardized scale level, in the scientific field the method is sustained and provides effective results to aid decision making. Through the integration of the Boolean and AHP models, was obtained as a graphical result of the Industrial Zone Aptitude Map, which was compared with the current planning and definition of the Municipal Master Plan to evaluate the correlation and real effectiveness between the two procedures. This correlation is sustained by applying a validation based on Pearson's Linear Correlation principle. Finally, as a result of the method application, the actual optimal orientative zones for the municipality were obtained in the thematic map, aiming to implement the infrastructure of interest to the local industrial profile for the Municipality of Biguaçu-SC and, therefore, guide the municipal public policies in decision making.

Keywords: Analytical Hierarchy Process. Geographic Information System. Industrial Zone.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Balança com itens para implantação de indústria.....	19
Figura 2: Ilustração do Diagrama de Venn.	27
Figura 3: Representação da Matriz Quadrada AHP.	31
Figura 4: Nível hierárquico do método AHP.	32
Figura 5: Sistematização do SIG.....	34
Figura 6: Fluxograma do método aplicado.....	49
Figura 7: Definição dos critérios utilizados no modelo Booleano.	50
Figura 8: Croquis sobre a largura da Faixa de Servidão conforme a tensão.	55
Figura 9: Representação do modelo Booleano desenvolvido no <i>Model Builder</i> (ArcGIS).....	58
Figura 10: Etapas da análise AHP.....	59
Figura 11: Representação do Objetivo, Critérios, Subcritérios e Alternativas utilizadas no modelo AHP.	61
Figura 12: Atribuição de pesos e estruturação de matriz.	72
Figura 13: Representação do modelo AHP desenvolvido no <i>Model Builder</i> (ArcGIS).	78
Figura 14: Escala fundamental de Saaty. Comparação par a par de critérios.	89
Figura 15: Representação da malha de pontos.	124
Figura 16: Representação da Tabela de Adequação de Atividades por Zoneamento.	125

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização da Área de Estudo (município de Biguaçu).....	44
Mapa 2: Zoneamento do Plano Diretor do município de Biguaçu (SC) e Indústrias.....	46
Mapa 3: Área de Preservação Permanente.....	80
Mapa 4: Terras Indígenas.....	81
Mapa 5: Zona de Proteção de Sítios Arqueológicos.....	82
Mapa 6: Setorização de Risco.....	84
Mapa 7: Área de Edificada.....	85
Mapa 8: Faixa de Servidão de LT.....	86
Mapa 9: Resultado do modelo Booleano.....	88
Mapa 10: Floresta Ombrófila Densa.....	96
Mapa 11: Densidade Populacional por Setor Censitário.....	98
Mapa 12: Declividade.....	99
Mapa 13: Distância de APP.....	101
Mapa 14: Pedologia.....	102
Mapa 15: Litologia.....	104
Mapa 16: Distância de Aterro Sanitário.....	105
Mapa 17: Distância de Escolas.....	108
Mapa 18: Distância de Hospitais.....	109
Mapa 19: Proximidade do Contorno Rodoviário de Florianópolis.....	111
Mapa 20: Proximidade da Rodovia SC-407.....	112
Mapa 21: Valor da Terra.....	114
Mapa 22: Proximidade de Indústrias de Transportadoras.....	116
Mapa 23: Proximidade da Rodovia BR-101.....	117
Mapa 24: Proximidade de Linhas de Distribuição.....	119
Mapa 25: Espacialização do resultado do modelo AHP.....	121
Mapa 26: Representação do mapa de Aptidão de Zonas Industriais.....	122
Mapa 27: Cruzamento entre polígonos de Zonas Industriais gerado pelo Modelo e PD.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de Índices de Consistência Aleatória (RI).....	75
Tabela 2: Pesos utilizados para APP.	80
Tabela 3: Pesos utilizados para Terra Indígena.	81
Tabela 4: Pesos utilizados para Sítio Arqueológico.	82
Tabela 5: Pesos utilizados para Setorização de Risco.	83
Tabela 6: Pesos utilizados para Área Edificada.	84
Tabela 7: Pesos utilizados para Faixa de Servidão de LT.	86
Tabela 8: Quantificação do resultado do modelo Booleano.	87
Tabela 9: Estruturação da matriz do critério Valor da terra.	89
Tabela 10: Representação da normalização dos pesos relativos.	90
Tabela 11: Cálculo do Vetor Eigen.....	90
Tabela 12: Tabela de Índices de Consistência Aleatória (RI).....	92
Tabela 13: Apresentação dos pesos definidos pelo modelo AHP.	93
Tabela 14: Pesos utilizados para os critérios do modelo AHP.	94
Tabela 15: Pesos utilizados para os subcritérios Socioambientais.	95
Tabela 16: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Floresta Ombrófila Densa.	96
Tabela 17: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Densidade Populacional.	97
Tabela 18: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Declividade.	99
Tabela 19: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Distância de APP. .	100
Tabela 20: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Pedologia.	102
Tabela 21: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Litologia.	103
Tabela 22: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Aterro Sanitário.	105
Tabela 23: Pesos utilizados para os subcritérios Econômico/Infraestrutura.	106
Tabela 24: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Distância de Escolas.	107
Tabela 25: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Distância de Hospitais.	109

Tabela 26: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Proximidade do Contorno Viário.....	110
Tabela 27: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Proximidade da SC-407.	112
Tabela 28: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Valor da Terra.	113
Tabela 29: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Proximidade Indústrias e Transportadoras.	115
Tabela 30: Pesos utilizados para as alternativas do critério Proximidade da BR-101.	117
Tabela 31: Pesos utilizados para as alternativas do critério Proximidade da Linha de Distribuição.	118
Tabela 32: Categorias de aptidão e tamanho da área de cobertura.	123
Tabela 33: Quantificação das Atividades industriais por Zoneamento.....	126
Tabela 34: Valores extraídos da memória de cálculo da Correlação de Pearson.....	127
Tabela 35: Valores de Correlação e Força através do método de Pearson.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação das características de diferentes métodos utilizados em Análise de Decisão Multicritério (ADMC)	29
Quadro 2: Demonstração da comparação de Escala segundo sua intensidade de importância.	33
Quadro 3: Etapas da construção de um Plano Diretor.....	37
Quadro 4: Estado da arte de artigos utilizando técnica AHP em ambiente SIG.	40
Quadro 5: Fonte dos dados utilizados.	48
Quadro 6: Critérios utilizados para compor a camada de APP.	51
Quadro 7: Terras Indígenas presentes na área de Estudo.....	52
Quadro 8: Procedimentos realizados nas camadas geográficas – Modelo Booleano.	56
Quadro 9: Representação da Planta Genérica de Valores.	68
Quadro 10: Demonstração da comparação de Escala segundo sua intensidade de importância.	72
Quadro 11: Procedimentos realizados nas camadas geográficas – Modelo AHP.....	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico: 1: Composição do valor adicionado bruto (VAB) de Biguaçu, em 2008 e 2016.	20
Gráfico: 2: Relação de empresas x empregos.	21
Gráfico 3: Perfil das Indústrias de Biguaçu.....	21
Gráfico: 4: Evolução do número de Publicações com os temas GIS e AHP.	22
Gráfico: 5: Representação do mapa de árvore.....	23

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ADMC - Análise de Decisão Multicritério

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

AI – rea Industrial

APLs – Arranjos Produtivos Locais

APP – rea de Preservao Permanente

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CI - *Consistency Index*

CNAE - Classificao Nacional de Atividades Econmicas

CNSA - Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CR - *Consistency Ratio*

EM - *Exclusive Method*

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNAI – Fundao Nacional do ndio

GE – Empresa de Grande Porte

GIS – *Geographic Information System*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPHAN – Instituto de Patrimnio Histórico e Artístico

MAZI – Mapa de Aptidão de Zonas Industriais

MDE – Empresa de Médio Porte

MDT – Modelo Digital de Terreno

ME - Microempresa

MUGM - *Most Unfavorable Grading Method*

OSM – *Open Street Maps*

PD – Plano Diretor

PE – Empresa de Pequeno Porte

RI – *Random Index*

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio s Micro e Pequenas Empresas

SIG - Sistema de Informao Geográfico

LT – Linha de Transmissão

VAB – Valor Adicionado Bruto

ZC1 – Zona Comercial – 1

ZCC – Zona de Corredor Comercial

ZEC – Zona de Engordamento Costeiro

ZEI – Zona de Expansão Industrial

ZMD – Zona Mista Diversificada

ZI – Zona Industrial

ZINT1 – Zona de Interesse Náutico – 1

ZINT2 – Zona de Interesse Náutico – 2

ZIR1 – Zona de Interesse Residencial – 1

ZU – Zona de Expansão Urbana

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	HIPÓTESE	24
1.2	OBJETIVOS	24
1.2.1	Objetivo Geral	24
1.2.2	Objetivos Específicos	24
1.3	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1	MODELO BOOLEANO	26
2.2	ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	27
2.2.1	Processo Analítico Hierárquico – AHP	30
2.3	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	33
2.4	PLANO DIRETOR	35
2.4.1	Zoneamento e Zonas Industriais	37
2.5	ESTADO DA ARTE	39
3	MATERIAIS E MÉTODO	44
3.1	MATERIAIS	44
3.1.1	Área de Estudo	44
3.1.2	Softwares, Documentações e Fonte de Dados Utilizados	47
3.1.2.1	<i>Softwares</i>	47
3.1.2.2	<i>Documentações</i>	47
3.1.2.3	<i>Fonte de dados</i>	47
3.2	MÉTODO	48
3.2.1	Modelo Booleano	49
3.2.1.1	<i>Definição dos critérios para o modelo Booleano</i>	49
3.2.1.2	<i>Modelo Booleano no ambiente SIG</i>	55

3.2.2	Modelo AHP	59
3.2.2.1	<i>Definição dos níveis hierárquicos do modelo AHP.....</i>	<i>59</i>
3.2.2.2	<i>Atribuição de pesos aos critérios e estruturação de matriz de comparação. 71</i>	
3.2.2.3	<i>Cálculo da matriz de comparação do vetor de prioridades.....</i>	<i>73</i>
3.2.2.4	<i>Análise de sensibilidade</i>	<i>73</i>
3.2.2.5	<i>Modelo AHP no ambiente SIG</i>	<i>75</i>
4	RESULTADOS E ANÁLISES	79
4.1	MODELO BOOLEANO.....	79
4.1.1	Critérios ajustados.....	79
4.1.1.1	<i>Área de Preservação Permanente</i>	<i>79</i>
4.1.1.2	<i>Terra Indígena.....</i>	<i>81</i>
4.1.1.3	<i>Sítio Arqueológico</i>	<i>82</i>
4.1.1.4	<i>Setorização de Risco.....</i>	<i>83</i>
4.1.1.5	<i>Área Edificada.....</i>	<i>84</i>
4.1.1.6	<i>Faixa de Servidão de Linha de Transmissão.....</i>	<i>85</i>
4.1.2	Cálculo de Álgebra de Mapas.....	86
4.2	MODELO AHP.....	88
4.2.1	Atribuição de pesos aos critérios.....	89
4.2.2	Estruturação da matriz de decisão AHP	89
4.2.3	Cálculo da matriz.....	90
4.2.4	Análise de sensibilidade.....	90
4.2.5	Critérios do modelo AHP	94
4.2.5.1	<i>Critério: Socioambiental</i>	<i>94</i>
4.2.5.2	<i>Critérios Econômicos e de Infraestrutura ajustados.....</i>	<i>106</i>
4.2.6	Cálculo de Álgebra de Mapas.....	119
4.3	CRUZAMENTO DOS MODELOS BOOLEANO E AHP	121

4.4	AVALIAÇÃO DO MÉTODO	123
4.4.1	Correlação Linear de Pearson.....	123
4.4.2	Comparação da MAAZI com ZI e ZEI do Plano Diretor.....	128
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	130
5.1	CONCLUSÕES.....	130
5.2	RECOMENDAÇÕES	131
	REFERÊNCIAS	134
	APÊNDICE A – Matrizes de decisão dos níveis 2 e 3.	141
	APÊNDICE B – Matrizes de decisão do nível 4: Socioambiental.....	142
	APÊNDICE C – Matrizes de decisão do nível 4: Econômico e Infraestrutura (Parte I).	143
	APÊNDICE D – Matrizes de decisão do nível 4: Econômico e Infraestrutura (Parte II).	144

1 INTRODUÇÃO

É notório que em muitos municípios brasileiros o setor industrial ocupa um papel importante na movimentação da economia local e/ou regional. Entretanto, a implantação de zonas industriais muitas vezes não é bem vista, principalmente em função dos conflitos com as políticas ambientais, mas também pelo aumento do volume de tráfego e desconfiguração do espaço geográfico.

Para que a implantação das zonas industriais ocorra com impactos negativos minimizados, os municípios devem se organizar e principalmente se planejar – tomando como referência um aporte técnico científico confiável, haja vista o bom retorno econômico, como por exemplo: recolhimento de impostos, geração de empregos diretos e indiretos, criação de polos educacionais para capacitar as mãos de obras demandadas, etc. (Figura 1). Um dos instrumentos utilizados para auxiliar a organização espacial do município é por meio das diretrizes impostas pelo Plano Diretor e previsto pelo Estatuto da Cidade, Lei 10257/01. O estatuto prevê a elaboração de Plano Diretor para municípios com população maior que vinte mil habitantes, e especialmente no artigo 5 da mesma lei prevê algumas obrigações que caracterizam a postura política direta dos municípios no planejamento e gestão territorial.

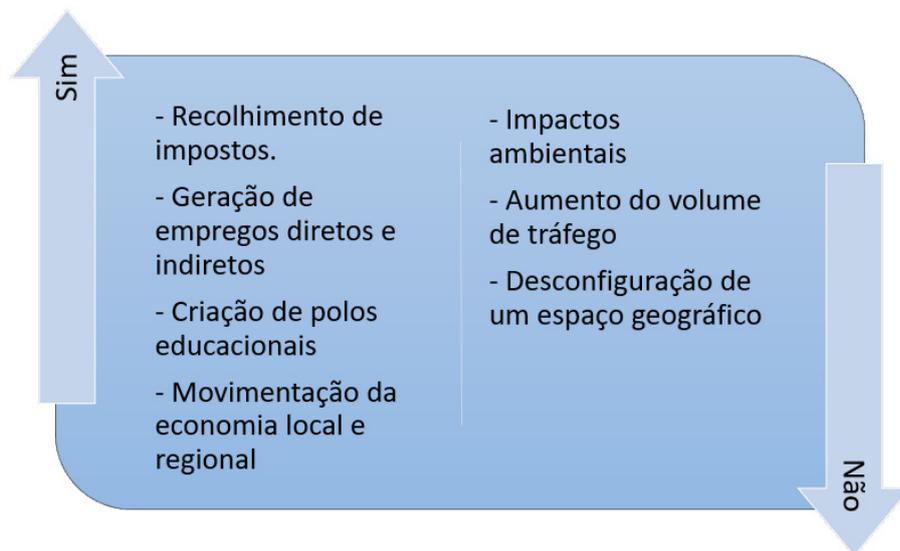


Figura 1: Balança com itens para implantação de indústria.

O Estatuto da Cidade em consonância com os Planos Diretores apresenta diretrizes que conduzem ao ordenamento territorial dos municípios, bem como prevê espaços para expansão para urbanização, preservação do meio ambiente e da cultura, promoção ao turismo,

ter uma economia dinâmica, além da definição de espaços para as Zonas Industriais e Zonas de Interesse Industrial, e etc.

O município de Biguaçu, pertencente ao estado de Santa Catarina, tem no setor industrial uma importante atividade econômica. Segundo o estudo “Biguaçu em Números” desenvolvido pela Secretaria do Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável de Santa Catarina junto ao SEBRAE (2013) em 2008 a atividade industrial, quando considerado os setores produtivos de Agronegócio, Indústria, Serviços e Administração Pública, foi o segundo setor com maior Valor Adicionado Bruto (VAB) com total de 18,8%. Segundo SEBRAE (2019), no ano de 2016, esse número aumentou para 20,5% continuando apenas atrás do setor de serviços (53,2%), como pode ser visto no Gráfico: 1. Atualmente o município possui acesso a distribuição de gás natural da Petrobras, indústrias importantes no setor de plástico e alimentício, além da produção de gramas e hortaliças para a região metropolitana de Florianópolis.

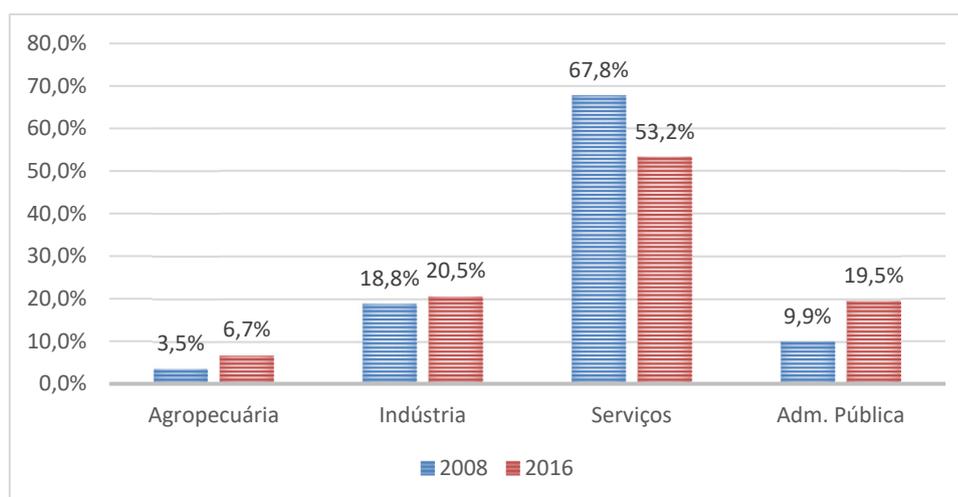


Gráfico: 1: Composição do valor adicionado bruto (VAB) de Biguaçu, em 2008 e 2016.

Fonte: SEBRAE (2013 e 2019).

Ao avaliar o panorama empresarial do município de Biguaçu, quanto a relação empresas e empregos por setor percebe-se um equilíbrio entre os setores do comércio, serviços, indústria e construção, sendo que apenas o setor de agricultura se caracteriza com menor representatividade. Segundo SEBRAE (2019), o setor industrial é o quarto em relação ao número de empregados no município de Biguaçu. Sendo o total de 4270 pessoas em 307 empresas, conforme apresentado no Gráfico: 2.

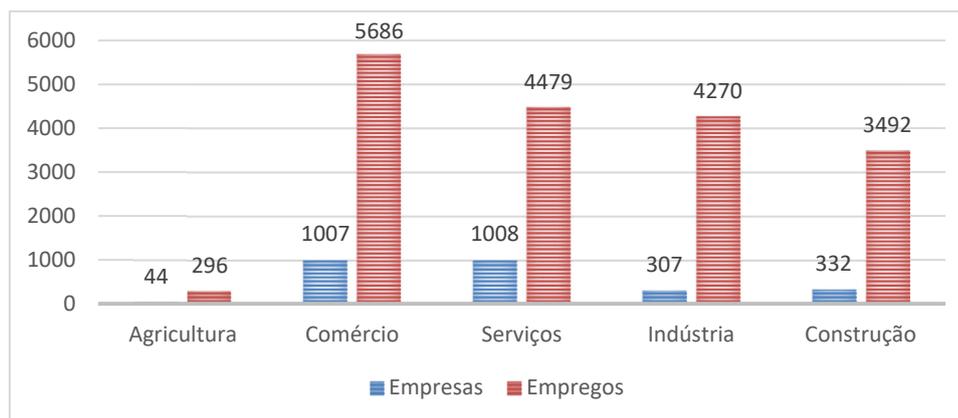


Gráfico 2: Relação de empresas x empregos.

Fonte: SEBRAE (2019).

Dentre os vários motivos para a escolha do município de Biguaçu como área de estudo, a sua privilegiada localização geográfica reforça a aptidão do município ao desenvolvimento industrial, como por exemplo: estar na região metropolitana da capital do estado de Santa Catarina, ter seu município cortado pela principal rodovia do estado a BR-101, estar próximo aos portos de Imbituba, Itajaí, Navegantes, Itapoá e São Francisco do Sul, além de já possuir histórico no setor industrial principalmente no ramo de plástico. Segundo estudo desenvolvido pelo SEBRAE/SC (2013) no ano de 2011 de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), o município de Biguaçu contemplava apenas com três indústrias extrativas (que extraem produtos da natureza), sendo todas microempresas. Entretanto, possuía a época duzentos e quarento e oito indústrias de transformação (transforma as matérias-primas, obtidas na natureza, em utensílios para o homem), sendo duzentos e vinte microempresas (ME), vinte e quatro empresas de pequeno porte (PE), três de médio porte (MDE) e uma de grande porte (GE) que representação aproximadamente 12% da participação relativa das atividades econômicas do município.

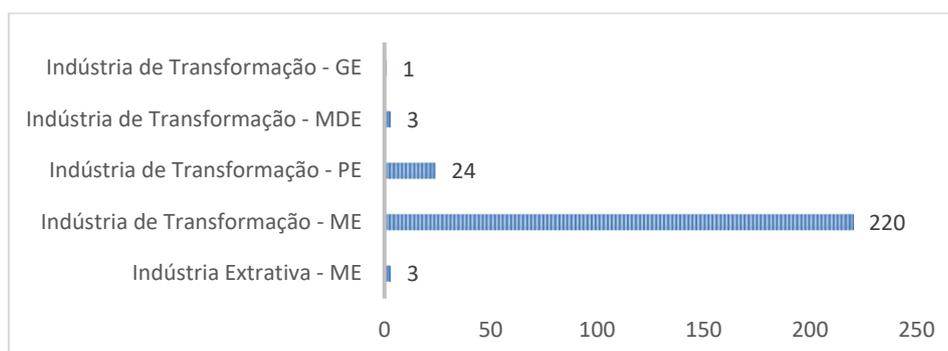


Gráfico 3: Perfil das Indústrias de Biguaçu.

Fonte: SEBRAE/SC (2013).

Percebendo a contribuição positiva que o setor industrial pode oferecer ao município de Biguaçu, este estudo prevê em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) a aplicação das técnicas de Análise Multicritério (AHP) e Álgebra Booleana a obtenção, através de resultados gráficos, zonas industriais “ótimas” potencialmente indicadas no mapa, as quais serão confrontadas com o atual planejamento e definição do Plano Diretor (lei Complementar nº 12/2009) do município, para se avaliar a correlação e real efetividade entre os dois procedimentos.

A análise bibliométrica realizada na base de dados científica *Web of Science*, buscando os termos “GIS” e “AHP” entre os anos de 1945 e 2019, resultou no número de 1557 publicações, sendo elas iniciadas a partir do ano de 1993. O Gráfico: 4 apresenta o número de publicações dentre os anos de 1993 e 2019, onde é possível observar o crescimento exponencial ($y = 0,65e^{0,2691x}$) pela utilização associada das técnicas de Geoprocessamento e Análise Multicritério na produção científica. Além disso, segundo a mesma base de dados, nesse período, foram encontradas 19425 citações. Através dessa análise bibliométrica é possível observar a aceitação da comunidade científica e utilização da técnica AHP aplicada em ambiente SIG.

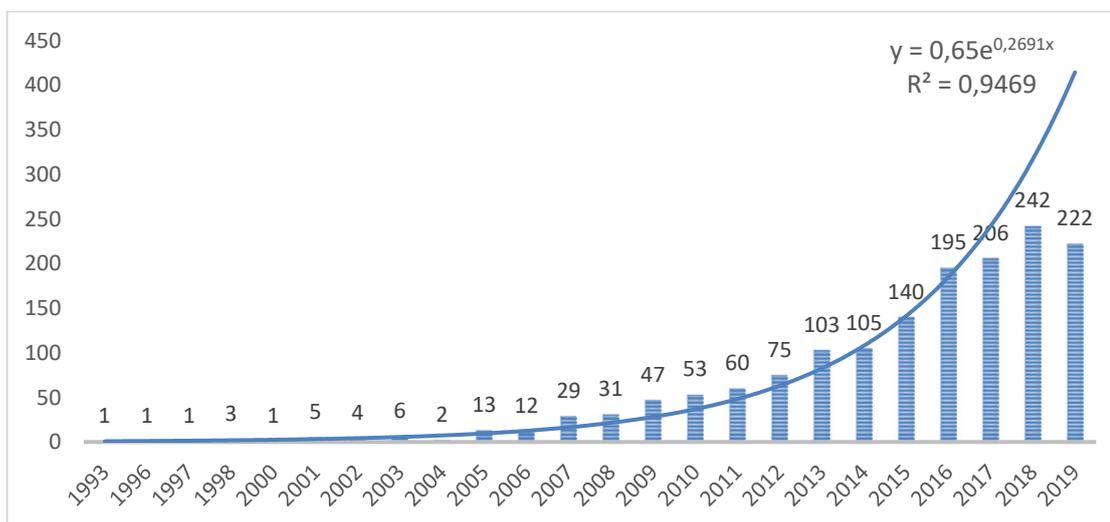


Gráfico: 4: Evolução do número de Publicações com os temas GIS e AHP.

Fonte: Web of Science¹.

Na mesma consulta foi feita a avaliação através do mapa de árvore, representado no Gráfico: 5. Do montante de dados obtido como resposta, a área com maior abrangência de

¹ Link da consulta realizada na base de dados Web of Science:
http://apps.webofknowledge.com/CitationReport.do?product=WOS&search_mode=CitationReport&SID=7AidlQZak8vwZW6Mg7g&page=1&cr_pqid=7&viewType=summary

publicação é das Ciências Ambientais (*Environmental Sciences*) com 474 ou 30,44%, as demais publicações estão diluídas em 116 áreas. Por ser uma pesquisa multidisciplinar, não é possível enquadrar o tema de pesquisa em apenas uma das áreas catalogadas, podendo o mesmo estar relacionado as áreas de Geociências Multidisciplinar (*Geosciences Multidisciplinary*), Geografia (*Geography*), Estudos Ambientais (*Environmental Studies*), Estudos Urbanos (*Urban Studies*), Planejamento Regional e Urbano (*Regional and Urban Planning*), entre outras.

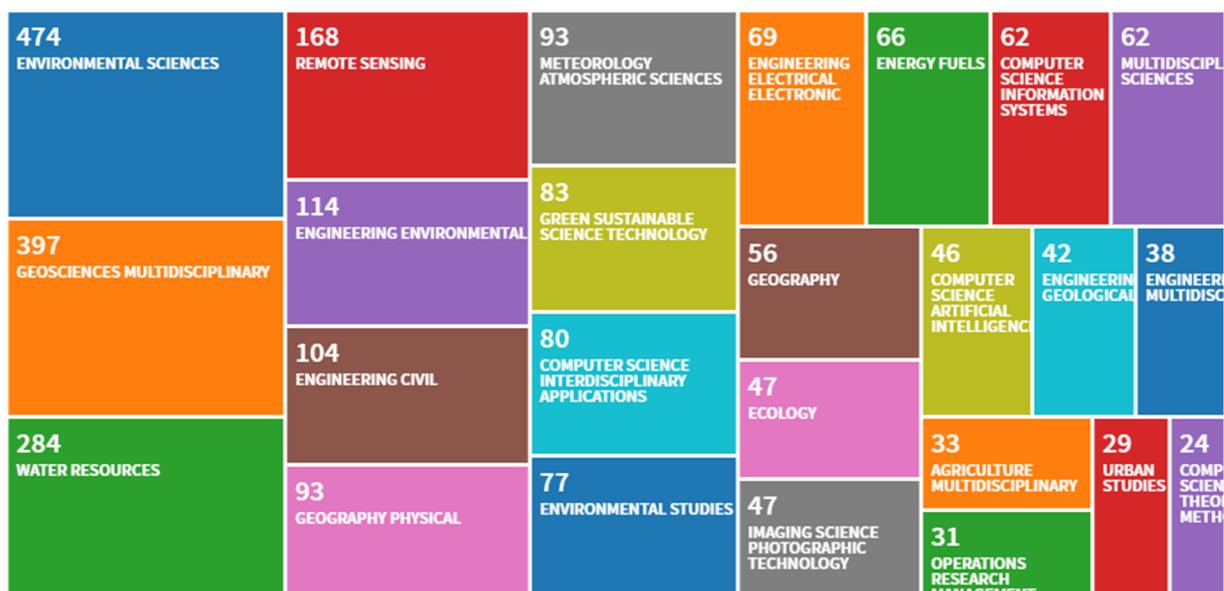


Gráfico: 5: Representação do mapa de árvore.

Fonte: Web of Science.

Considerando o princípio do planejamento municipal, visando a definição de uso de determinada área, certamente um conjunto de fatores interferem e exercem influência direta e/ou indireta sobre a escolha de um local para a instalação de uma empresa industrial. Segundo Alvez e Alves (2014 *apud* Peinado e Graeml 2007, Corrêa e Corrêa 2006 e Moreira 2008) os fatores mais significativos são: disponibilidade de matéria-prima, energia elétrica, água, mão de obra, facilidades e incentivos fiscais, qualidade de vida, serviços essenciais e a proximidade dos mercados consumidores e de seus fornecedores. No entanto, para uma empresa comercial, os autores destacam a proximidade com o mercado consumidor e a localização dos concorrentes como os fatores de maior relevância.

Nesse contexto, a pesquisa toma como referência o estudo de caso do Município de Biguaçu e apresenta uma proposta de solução técnica-científica, considerando hierarquicamente um primeiro nível de análise para tomada de decisão, visando a implantação

ou consolidação da melhor área industrial – pautada nos métodos Booleano e AHP para geração do Mapa de Aptidão de Zonas Industriais. Reforça-se ainda que essa tomada de decisão ocorre na maioria dos municípios, segundo uma definição arbitrária de interesse ou inferência por potenciais facilidades. A proposta metodológica apresentada na pesquisa se sustenta em um princípio técnico – nesse caso estruturado em álgebra de mapas temáticos que melhor representa o interesse do poder público – minimizando impactos ambiental e social, e potencializando os impactos econômico e de implantação de infraestrutura.

1.1 HIPÓTESE

É reconhecido que as indústrias geram impactos em diversos setores e em diferentes níveis no município, por isso, é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável que gestores públicos conheçam a realidade local representada por meio de diversos mapas temáticos – caracterizando uma “radiografia” no instante de tomada de decisão, ou seja definição do Plano Diretor Municipal.

Tem-se como premissa que a aplicação e integração entre os métodos Booleano e Análise Multicritério (AHP), em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, expressam um resultado gráfico das zonas industriais “ótimas” potencialmente indicadas no Mapa de Aptidão de Zonas Industriais e que possam ser confrontadas cartograficamente com o que foi proposto pelo Plano Diretor do município de Biguaçu.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar os recursos do Sistema de Informação Geográfica, considerando os princípios de análise booleana e multicritérios (AHP), para gerar o Mapa de Aptidão de Zonas Industriais, e confrontá-lo com o atual Zoneamento do Plano Diretor do município de Biguaçu-SC.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Gerar Mapas temáticos restritivos ao zoneamento industrial por meio do modelo Booleano;

- b) Gerar Mapas temáticos de áreas potenciais ao zoneamento industrial baseado nas respostas do modelo AHP;
- c) Aplicar Álgebra de Mapas nos itens “a” e “b” para gerar Mapa de Aptidão de Zonas Industriais;
- d) Aplicar o princípio da Correlação Linear de Pearson do resultado do item “c” com o zoneamento do Plano Diretor vigente (2019) do município de Biguaçu; e
- e) Avaliar interseção entre áreas de “Muito Alta Aptidão de Zonas Industriais” (MAAZI), subproduto do item “c”, com as Zonas Industrial e de Expansão Industrial definidas pelo Plano Diretor.

1.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A proposta metodológica para a tomada de decisão, apresentada nessa pesquisa, não tem por princípio ser única ou superior aos outros métodos científicos, limita-se a uma visão técnica de potencial decisório apoiado em parâmetros multicritérios e booleanos. Porém, tem-se claro que o resultado obtido, ou seja, o Mapa de Aptidão de Zonas Industriais se caracteriza como primeira etapa de um elemento técnico “seguro” de apoio aos planejadores. Portanto, o documento cartográfico supracitado pode se constituir em um elemento fundamental que permitirá aos planejadores a negociação com a sociedade civil (cidadãos, técnicos, políticos, empresários, entre outros) – visando espacializar e ajustar o interesse comum e participativo na definição das potenciais áreas industriais. Assim sendo, o resultado obtido “Mapa de Aptidão de Zonas Industriais” se configura num produto inicial de discussão com a comunidade, sendo que o seu refinamento deverá ser executado por meio de sessões públicas, que se materializará nos desejos futuros da sociedade para o planejamento territorial municipal a longo prazo.

Ressalta-se ainda que dentre as limitações da pesquisa destacam-se:

- Diferença entre as escalas e as datas de atualização apresentadas nos documentos cartográficos e os dados geográficos disponíveis para pesquisa;
- Planta de Valores Genéricos não possui cobertura de dados sobre a extensão de todo o município (nível rural com detalhes atualizados dos dados); e
- Número reduzido em pesquisas científicas semelhantes, presente nas bases de dados científicos, sobre o tema proposto - que considerem o mesmo princípio metodológico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão de literatura ou revisão bibliográfica tem dois propósitos ALVES-MAZZOTTI (2002): a construção de uma contextualização para o problema e a análise das possibilidades presentes na literatura consultada para a concepção do referencial teórico da pesquisa. Visando então o desenvolvimento da pesquisa, neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica dos principais conceitos ligados ao tema, sendo eles: modelos Booleano e de Análise Multicritério, tendo como ferramenta o Processo Analítico Hierárquico (AHP), Sistema de Informação Geográfica (SIG), Plano Diretor e Zonas Industriais.

2.1 MODELO BOOLEANO

O primeiro modelo utilizado nessa pesquisa é o Booleano, baseado em Álgebra Booleana tem por função auxiliar a tomada de decisão dualista, ou seja, quando apenas existem duas alternativas. Segundo Souza (2006) é baseado na teoria dos conjuntos, é simples e elegante, embora não seja dos mais eficazes. Para cada query, são recuperados todos os documentos que possuem os termos nas condições especificadas pelo usuário, que ainda pode utilizar os operadores booleanos “or”, “and” e “not” para estabelecer relações específicas de ocorrência com as palavras-chave, de forma a especificar os documentos a serem recuperados. Sua maior desvantagem é o fato de trabalhar de forma binária, ou seja, os documentos são analisados sob o critério dualista relevante / não relevante, e não é criada nenhuma espécie de ordenação dos resultados que atendam às condições de consulta.

Segundo (Câmara, 2001, p.8):

O Modelo Booleano envolve combinação lógica de mapas binários através de operadores condicionais. Cada mapa utilizado como uma condição pode ser entendida como um plano de informação (evidência). Os vários planos de informação são combinados para dar suporte a uma hipótese ou preposição. Cada localização é então testada, para determinar se as evidências nesse ponto satisfazem ou não as regras definidas pela hipótese.

Segundo Câmara (2001) álgebra booleana utiliza os ponderadores lógicos “E”, “OU”, “Exclusivo OU (XOR)” e “NÃO” para determinar se uma hipótese satisfaz ou não uma particular condição. O operador “E” retorna a interseção entre dois ou mais conjuntos, ou seja as entidades que pertencem tanto ao conjunto A e B. O operador “OU” retorna a união dos conjuntos, que são entidades que pertencem tanto ao conjunto A como ao B. O “XOR” recupera as entidades que pertencem a um conjunto e ao outro, mas não aos dois conjuntamente. E o

“NÃO” é o operador da diferença identificando as entidades que pertencem a um conjunto A, mas não ao “B”. Na Figura 2, é apresentada uma representação do Diagrama de Venn, como exemplo ilustrativo do resultado de uma aplicação de operadores de lógica booleana.

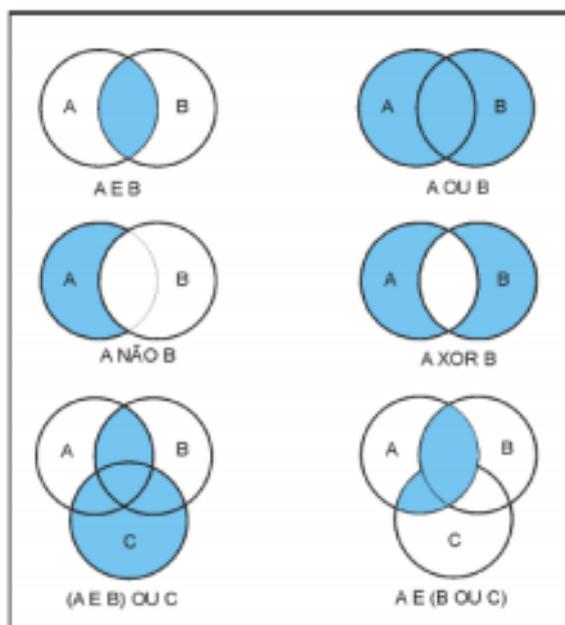


Figura 2: Ilustração do Diagrama de Venn.

Fonte: Burrough & McDonnell (1998 apud Câmara 2001).

Como referenciado, no modelo Booleano o resultado é expresso de forma binária, onde geralmente “0” se refere a uma resposta de negação e “1” a aceitação. Na álgebra booleana não há espaço para fatores de escala, a decisão é feita por filtros impostos pelos operadores lógicos, muito útil para tomada de decisão de mapa de Restrição (definição de Áreas Legais), por exemplo. Embora o método ser prático possui limitações, assim quando o problema exigir análises mais complexas o ideal é utilizar as análises de multicritérios.

2.2 ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Em diversas situações seja de âmbito profissional como em ambiente corporativo, ou ainda acadêmico científico é necessário tomar decisões complexas. Segundo Pilla & Passaia (2010, p. 74) “decisão é uma escolha entre muitas alternativas para conduzir um resultado particular”. Decisões fazem parte do cotidiano do ser humano, entretanto não existe regra ou a garantia do sucesso para o resultado final. Mas é possível reduzir as chances de erros, e saber diferenciar cada passo desse processo é circunstancial.

A tomada de decisão, segundo Stefenon, Klaar e Oliveira (2016), pode ser classificada em três categorias, estando consciente que para cada uma delas são necessárias informações diferentes:

- Decisões não estruturadas: Não são rotineiras, é necessário o uso de bom senso e não tem procedimentos. São comuns nos níveis mais altos das organizações, são decisões frequentemente dos gerentes sêniores;
- Decisões estruturadas: São rotineiras, com procedimentos pré-definidos, mais comuns em níveis médios das organizações. Utilizada geralmente pela gerencia média; e
- Decisões semiestruturadas: Apenas parte do problema terá uma solução clara, comum nos níveis gerencias operacional e em equipes técnicas.

Para que a tomada de decisão se dê em um cenário estável onde a probabilidade de acerto seja alto, é interessante a utilização de métodos aprovados cientificamente como é caso de ferramentas de Análise Multicritério. A ausência ou a ineficácia do uso de tais métodos pode proporcionar prejuízos incalculáveis, pois o risco de tomar uma decisão baseada apenas na percepção limitada de cada gestor é grande.

Xavier (2009) defende que a análise multicritério é adequada nos casos de problemas complexos de decisão, com utilização de vários critérios para que a escolha final atenda aos objetivos específicos. Segundo Campolina (2017) a Análise de Decisão Multicritério (ADMC) pode ser, portanto, definida como um conjunto de métodos de apoio à tomada de decisão em que dois ou mais critérios são considerados simultaneamente e de forma explícita. Tal tipo de análise é apropriado para questões que envolvem múltiplas decisões encadeadas (multe estratificadas) ou a participação de profissionais de áreas diferentes (multidisciplinares).

Segundo Aghilone, Felice e Petrillo (2011) os métodos de análise de multicritério ajudam a melhorar a qualidade das decisões, tornando-as mais explícitas, racionais e eficientes. Esses métodos lidam com o processo de tomada de decisões na presença de múltiplos objetivos. O tomador de decisão é obrigado a escolher entre multicritérios quantificáveis ou não quantificáveis. Os objetivos são geralmente conflitantes e, portanto, a solução é altamente dependente das preferências do tomador de decisão e deve ser um compromisso. Na maioria dos casos, diferentes grupos de tomadores de decisão estão envolvidos no processo. Cada grupo traz diferentes critérios e pontos de vista, que devem ser resolvidos dentro de uma estrutura de entendimento e compromisso mútuo.

O Quadro 1, representa um resumo do resultado do estudo realizado por Campolina (2017), onde foram levantados alguns dos métodos de Análise Multicritério, sendo eles: MAUT, AHP, ELECTRE, PROMETHEE, TOPSIS, *Goal Programming*, MACBETH, *Fuzzy Set Theory* e MPD. Nesta tabela ainda foram especificados a sua abordagem, vantagens e desvantagens do seu uso e principais áreas de aplicação.

Quadro 1: Comparação das características de diferentes métodos utilizados em Análise de Decisão Multicritério (ADMC)

Método	Abordagem	Vantagens	Desvantagens	Principais áreas de aplicação
MAUT	Mensuração de valor	Considera incerteza e pode incorporar preferências	Necessita de muitos inputs e necessita de que eles sejam precisos	Economia, finanças, ciências atuariais, gerenciamento de recursos hídricos e energéticos, agricultura, saúde
AHP	Mensuração de valor	Facilidade de uso, estrutura com hierarquia que confere versatilidade para se adaptar a diversos tipos de problemas	Interdependência entre critérios e alternativas	Gerenciamento de recursos, gestão corporativa, gestão pública, planejamento estratégico
ELECTRE	Sobreclassificação	Considera incerteza e situações “nebulosas”	A comparação par a par implica que as vantagens e desvantagens das alternativas não sejam identificadas diretamente	Economia, meio-ambiente, gerenciamento hídrico e energético, transporte
PROMETHEE	Sobreclassificação	Facilidade de uso, não requer pressuposto de proporcionalidade dos critérios	Não proporciona um método claro de atribuição de pesos	Meio-ambiente, gerenciamento hídrico e energético, negócios e finanças, química, logística e transporte, sistemas de manufatura, agricultura
TOPSIS	Metas, aspiração ou nível de referência	Simplicidade de uso	Dificuldades na interrelação de critérios e no processo de ponderação	Logística, engenharia, sistemas de manufatura, negócios, marketing, meio ambiente, recursos humanos e gerenciamento de recursos hídricos
Goal Programming	Metas, aspiração ou nível de referência	Facilidade para lidar com problemas de larga escala e com infinitas alternativas	Não permite a ponderação de critérios, necessitando	Planejamento, saúde, análise de portfólio, sistemas de distribuição, planejamento

			associação com outros métodos	energético, gerenciamento de recursos hídricos
MACBETH	Outra	Associa mensuração de preferências e comparação par a par de alternativas, permitindo interatividade	Não considera incerteza na mensuração de preferências (trabalha com preferências do tipo valor)	Saúde, gestão pública
Fuzzy Set Theory	Outra	Capacidade de lidar com informações imprecisas e insuficientes	Dificuldade de desenvolvimento e necessidade de simulações para a implementação	Engenharia, economia, meio ambiente, saúde, gestão
MPD	Outra	Capacidade de lidar com informações imprecisas e insuficientes; facilidade para incorporar informações subjetivas (opiniões e experiências de tomadores de decisão)	Dificuldade para a compreensão dos resultados das análises	Engenharia, economia, meio ambiente, saúde, gestão

AHP: analytic hierarchy process; ELECTRE: ELimination Et Choix Traduisant la REalité; MACBETH: Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique; MAUT: multi-atribute utility theory; MPD: método paraconsistente de decisão; PROMETHEE: Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations; TOPSIS: Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions. Fonte: adaptado de Velasquez & Hester, Adunlin et al. e Thokala & Duenas.

Fonte: CAMPOLINA, A.G et.al. (2017)

2.2.1 Processo Analítico Hierárquico – AHP

Dentre os diversos métodos de Análise de Decisão Multicritério apresentados no Quadro 1, para essa pesquisa foi definida a utilização do o método de Processo Analítico Hierárquico, do inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP) desenvolvido por Tomas L. Saaty no início da década de 70 e é um dos métodos de análise multicritério mais utilizados e conhecidos no apoio à tomada de decisão. Este método baseia-se no método newtoniano e cartesiano de pensar, que busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores até ao nível mais baixo, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetiza-los.

‘A abrangência da classificação hierárquica é clara. “É o método mais poderoso de classificação usado pela mente humana em coordenar experiências, observações, entidades e informações...” (WHYTE, 1969 apud SAATY, 1991).

Segundo RAFFO (2012), o Processo Analítico Hierárquico é uma metodologia matemática destinada a analisar quantitativamente variáveis mediante a interação do decisor com o modelo matemático e fazer isso em forma de considerações qualitativas. No modelo multicritério é realizado a comparação entre as alternativas “par a par”. Para Shuaibu e Kara (2019), o AHP é uma ferramenta eficaz que ajuda a enumerar as partes subjetiva e objetiva de uma decisão, simplificando as escolhas complexas em uma cadeia de comparação por pares para produzir a saída. Ele também possui um método valioso de teste, para garantir que a avaliação feita pelo tomador de decisão seja constante, reduzindo a parcialidade no processo de tomada de decisão.

Segundo Zambon, et al. (2005) “esta técnica baseia-se numa matriz quadrada $n \times n$, no qual as linhas e colunas correspondem aos n critérios analisados para o problema em questão. Assim, o valor a_{ij} representa a importância relativa do critério da linha i face ao critério da coluna j . Como esta matriz é recíproca, apenas a metade triangular inferior necessita ser avaliada, já que a outra metade deriva desta e a diagonal principal assume valores iguais a 1”, como representado com valores hipotéticos na Figura 3.

Matriz $A = (a_{ij})_{n \times n} \rightarrow$ nesse exemplo $n = 4$				
	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
C_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}
C_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}
C_4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}

➔	$\begin{bmatrix} 1 & 1/9 & 1/6 & 1/3 \\ 9 & 1 & 1/5 & 1/2 \\ 6 & 5 & 1 & 1/3 \\ 3 & 2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$
---	--

Figura 3: Representação da Matriz Quadrada AHP.

Já segundo Costa (2002 apud Martins et. Al. 2009) este método baseia-se em três etapas de pensamento analítico: construção de hierarquias, definição de prioridades, consistência lógicas.

Construção de hierarquias: a proposição do método AHP é resolver os problemas através da estruturação de níveis hierárquicos, facilitando a melhor compreensão. Para a aplicação desta metodologia é necessário que tanto os critérios quanto as alternativas possam ser estruturadas de forma hierárquica, sendo o primeiro nível da hierarquia correspondente ao objetivo da pesquisa, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas. Atenta-se ao fato que

o método não possui limitação quanto ao número de níveis hierárquicos, nesse estudo por exemplo foram definidos quatro níveis.

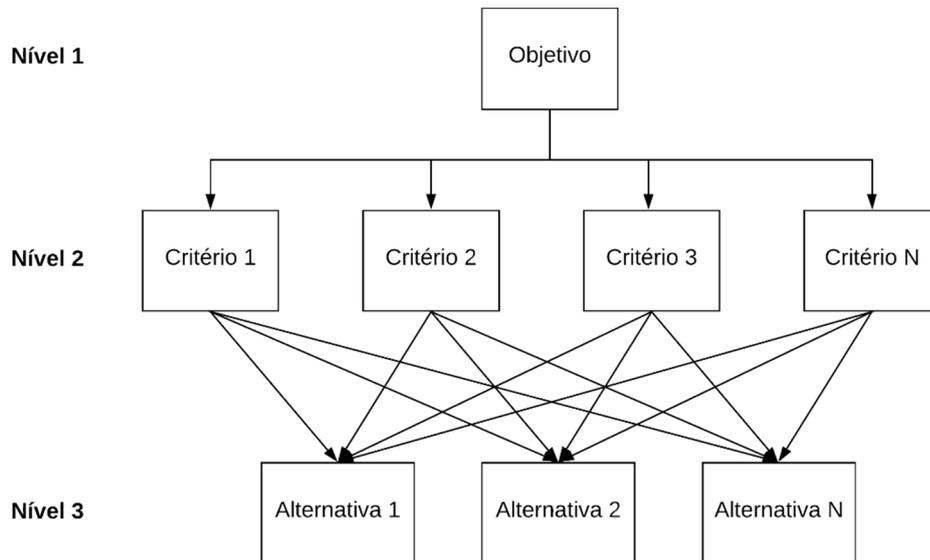


Figura 4: Nível hierárquico do método AHP.

Definição de prioridades: fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares, à luz de um determinado foco, critério ou julgamentos paritários. Nesse método para a composição da matriz quadrática é realizado o julgamento paritário entre os critérios selecionáveis através da escala de Saaty apresentada no Quadro 2.

Quadro 2: Demonstração da comparação de Escala segundo sua intensidade de importância.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Pouco mais importante	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Muito mais importante	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra.
7	Bastante mais importante	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8 Valores recíprocos dos anteriores	Valores intermediários	Também podem ser utilizados

Fonte: Saaty (1991).

Consistência lógica: como proposto pelo Saaty essa etapa consiste através do cálculo da Razão da Consistência e Índice de Consistência avaliar se o julgamento realizado pelo técnico decisor foi realizado de forma coerente. Então caso a Razão da Consistência for maior ou igual a 10% a matriz tem que ser refeita. No capítulo do método será apresentado a fórmula de cálculo desses itens.

2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Com a conceituação dos modelos Booleanos e do Processo de Análise Hierárquica realizados também se fez necessário o entendimento e conceituação do termo Sistema de Informação Geográfica (SIG), visto que é nesse ambiente em que os modelos serão desenvolvidos. Brevemente apresentando, um SIG, como qualquer outro Banco de Dados, é basicamente um Sistema de Informação, mas como uma importante particularidade: toda a informação em um SIG deve estar referenciada espacialmente.

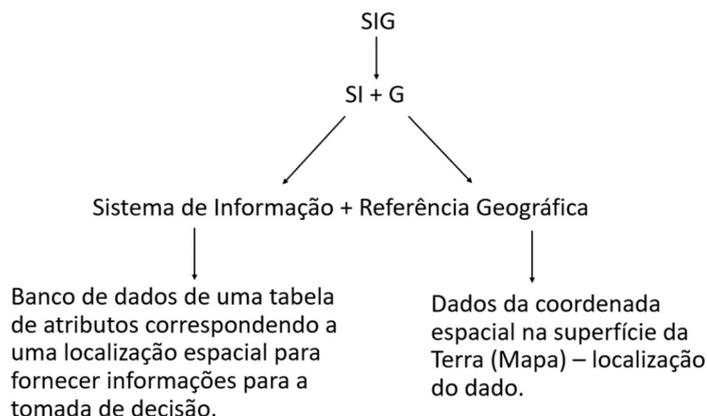


Figura 5: Sistematização do SIG.

Adaptação de NAARM.²

Duecker (1979) define SIG como um especial caso de Sistema de Informação no qual o banco de dados consiste em observações sobre características, atividades ou eventos distribuídos espacialmente, que são definidos no espaço como pontos, linhas ou áreas. Um SIG manipula dados sobre esses pontos, linhas ou áreas para gerar consultas e análises.

Para Shuaibu e Kara (2019) o GIS é uma aplicação poderosa que fornece aos tomadores de decisão uma variedade de ferramentas para gerenciamento e avaliação de dados espaciais em muitos campos. Ele pode ser descrito como uma caixa com equipamento para gerenciamento de dados geográficos e para resolver vários problemas de planejamento espacial.

Caloz e Collet (2011 apud Taibi e Atmani 2017) reforçam que Sistemas de Informação Geográfica são necessários para modelar, armazenar, gerenciar, visualizar, analisar e representar objetos ou coleção de objetos espaciais. As avaliações de ação de acordo com os critérios geográficos são baseadas na característica mais importante do GIS: Mapeamento. Um mapa é um modelo da realidade que privilegia a representação geométrica de objetos com a gráfica e lógica semiótica.

Segundo Câmara (2001) a principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é a sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos. Dessa forma segundo Holanda (2008), os usuários de um SIG devem ter conhecimento das ferramentas de desenho (parte gráfica) e de tabelas e relacionamentos (banco de dados).

² A ilustração foi traduzida e adaptada da *National Academy of Agricultural Research Management* cujo trabalho foi acessado em: <https://naarm.org.in/VirtualLearning/vlc/downloads/GIS%20concepts.pdf> acessado no dia 30/07/2019.

Os Sistemas de Informação Geográfica têm sido amplamente utilizados para a estruturação e organização de variáveis espaciais na geração de alternativas para problemas dessa natureza. Seu uso intenso justifica-se pelo fato de constituir uma poderosa ferramenta que integra o conjunto de rotinas de programação desenvolvidas para representar e manipular grandes quantidades de dados armazenados em bancos de dados, os quais contêm informações representativas do mundo real, através de coordenadas geográficas, possibilitando análises espaciais (Star & Estes, 1991).

2.4 PLANO DIRETOR

Como já apresentado, essa pesquisa através de Análise de Decisão Multicritério em ambiente de Sistema de Informação Geográfica tem como premissa avaliar o Plano Diretor do município de Biguaçu, mais especificadamente o uso industrial. Com isso, conceituar Plano Diretor e Zona Industrial é importante para o entendimento dos termos utilizados. Segundo Santana (2013), o Plano Diretor tem como objetivo geral promover a ordenação dos espaços habitáveis do Município e sistematizar o desenvolvimento físico, econômico e social do território local, visando sempre ao bem-estar da comunidade- possui também a função de dispor sobre as vias, o zoneamento e os espaços verdes, dando-lhes as diretrizes.

Segundo Decarli e Ferrareze Filho (2008), o Plano Diretor tem o fito de indicar a forma de desenvolvimento do município, fixando as regras e as estratégias de planejamento, para que se alcance o efetivo desenvolvimento econômico, social e físico de seu território. Em suma, o Plano Diretor é peça essencial para a implantação e efetivação do Estatuto da Cidade, pois é ele que estabelece os parâmetros para o cumprimento da função social.

O Estatuto da Cidade (2001) impõe não apenas o que se deve buscar com esse instrumento, mas avança inclusive para determinações de ordem metodológica e operacional:

Art. 42. O plano diretor deverá conter no mínimo:

- I - A delimitação das áreas urbanas onde poderá ser aplicado o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, considerando a existência de infraestrutura e de demanda para utilização, na forma do art. 5º desta Lei;
- II - Disposições requeridas pelos arts. 25, 28, 29, 32 e 35 desta Lei;
- III - Sistema de acompanhamento e controle.

O sucesso na implantação de um Plano Diretor Municipal passa por várias etapas, dentre as quais necessitam de uma organização plena e participação de todos os representantes

da sociedade, para que ocorra de forma organizada e seguindo um princípio metodológico passível de ser implementado a qualquer momento. Segundo o Ministério das Cidades (2004) para compor um Plano Diretor Participativo as seguintes etapas devem ser seguidas: I – constituição de um Núcleo Gestor, cabendo a ele preparar, conduzir e monitorar a elaboração de um Plano Diretor; II – reparação do processo, onde é identificado os atores sociais presentes no município, suas territorialidades e formas de organização; III – lançamento e divulgação, sendo o momento em que é anunciado o início do processo e as regras para a elaboração do Plano Diretor para toda a comunidade; IV – capacitação, onde é iniciado o programa de esclarecimento da população sobre o que será feito; V – leitura da Cidade, nessa etapa, devem-se identificar as principais questões locais da cidade, como as compreendam os que ali vivem. Dentre esses pontos, destacam-se: as marcas de degradação ambiental, os usos impactantes, as precariedades habitacionais, os espaços vazios, as áreas de ocupação, as demandas não atendidas, as dificuldades de acesso e de mobilidade, dentre outros; VI – formulação da estratégia; etapa interna à administração, supervisionada pelo Núcleo Gestor, na qual se deve cuidar de integrar a leitura comunitária com as leituras técnicas feitas ou contratadas pela administração; VII – construção do pacto e do projeto de lei, momento decisivo, pois nele afloram as divergências e os conflitos. Essas divergências e conflitos, se bem trabalhados e negociados em espaços transparentes de decisão, produzirão um novo patamar de relações e propostas viáveis e pactuadas que, portanto, terão maiores chances de serem concretizadas; VIII – Discussão na Câmara Municipal e aprovação, momento em que o projeto de Lei do Plano Diretor é apresentado a sociedade em Audiência Pública, será submetido à Câmara Municipal para ser discutido, quanto mais o Legislativo tenha se envolvido no processo, maior a probabilidade de que o Projeto seja aprovado e convertido em Lei, sem alterações que o descaracterizem ou o afastem do interesse da maioria dos cidadãos ativos no processo participativo. IX – Implementação de projetos, nessa etapa sabedores do que se pode efetivamente fazer, parte-se para implementar definitivamente o Plano Diretor; e X – monitoramento, implementado o sistema de gestão, devem-se avaliar os impactos das proposições formuladas e monitorar resultados obtidos. Dessa maneira, consegue-se analisar e compreender as mudanças e verificar se os caminhos propostos estão, de fato, nos aproximando dos nossos objetivos e construindo uma cidade melhor para todos.

Quadro 3: Etapas da construção de um Plano Diretor.

Nº	Etapas da Construção Participativa do Plano Diretor	Aspectos a destacar
I	Constituir o Núcleo Gestor	Equipe de coordenação
II	Preparar o processo	As condições locais
III	Lançar e divulgar	Por que e como participar
IV	Capacitar	O que é um plano Diretor
V	Ler a Cidade (Leitura Técnica e Comunitária)	A cidade que temos
VI	Formular a estratégia	A cidade que queremos ter
VII	Construir o Pacto e o Projeto de Lei	O caminho para a cidade viável
VIII	Discutir na Câmara Municipal, para aprovar	A cidade que podemos ter
IX	Implementar projetos	A cidade em transformação
X	Monitorar	Por e para uma cidade melhor

Fonte: Ministério das Cidades (2004)

2.4.1 Zoneamento e Zonas Industriais

Para Meirelles e Helly Lopes (1993), consiste o zoneamento na repartição da cidade e das áreas urbanizáveis segundo a sua precípua destinação de uso e ocupação do solo, estabelecendo normalmente as áreas residenciais, comerciais e industriais; delimitando os locais de utilização específica, tais como feiras, mercados, estacionamentos de veículos e outras ocupações espaciais permanentes ou transitórias; ordena a circulação, o trânsito e o tráfego no perímetro urbano; disciplina as atividades coletivas ou individuais que de qualquer modo afetem a vida da cidade.

Segundo a ECP [2018?] o zoneamento possui conceitos jurídicos e técnicos diferentes, mas um fim específico: delimitar geograficamente áreas territoriais com o objetivo de estabelecer regimes especiais de uso, gozo e fruição da propriedade. A principal finalidade do zoneamento é dividir o solo municipal em razão do uso destinado. De forma geral podemos definir para este estudo que zoneamento é, então, instrumento de materialização do Plano Diretor.

Para o bom andamento desta pesquisa, é circunstancial entender o que é e quais são as características de um Zoneamento Industrial. Ainda de acordo com ECP [2018?] o objetivo do Zoneamento Industrial é poder repartir o solo com intenção de um melhor desenvolvimento da atividade industrial exercida, bem como buscar a diminuição dos impactos negativos ao meio ambiente.

A Lei federal nº 6.803 de 1980 norteia as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Sendo os artigos 2, 3, 4 e 5 de relevante interesse para a pesquisa.

Art. 2º As zonas de uso estritamente industrial destinam-se, preferencialmente, à localização de estabelecimentos industriais cujos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ruídos, vibrações, emanções e radiações possam causar perigo à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações, mesmo depois da aplicação de métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, nos termos da legislação vigente.

§ 1º As zonas a que se refere este artigo deverão:

- I - Situar-se em áreas que apresentem elevada capacidade de assimilação de efluentes e proteção ambiental, respeitadas quaisquer restrições legais ao uso do solo;
- II - Localizar-se em áreas que favoreçam a instalação de infraestrutura e serviços básicos necessários ao seu funcionamento e segurança;
- III - Manter, em seu contorno, anéis verdes de isolamento capazes de proteger as zonas circunvizinhas contra possíveis efeitos residuais e acidentes;

§ 2º É vedado, nas zonas de uso estritamente industrial, o estabelecimento de quaisquer atividades não essenciais às suas funções básicas, ou capazes de sofrer efeitos danosos em decorrência dessas funções.

Art. 3º As zonas de uso predominantemente industrial destinam-se, preferencialmente, à instalação de indústrias cujos processos, submetidos a métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, não causem incômodos sensíveis às demais atividades urbanas e nem perturbem o repouso noturno das populações.

Parágrafo único. As zonas a que se refere este artigo deverão:

- I - Localizar-se em áreas cujas condições favoreçam a instalação adequada de infraestrutura de serviços básicos necessária a seu funcionamento e segurança;
- II - Dispor, em seu interior, de áreas de proteção ambiental que minimizem os efeitos da poluição, em relação a outros usos.

Art. 4º As zonas de uso diversificado destinam-se à localização de estabelecimentos industriais, cujo processo produtivo seja complementar das atividades do meio urbano ou rural que se situem, e com elas se compatibilizem, independentemente do uso de

métodos especiais de controle da poluição, não ocasionando, em qualquer caso, inconvenientes à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações vizinhas.

Art. 5º As zonas de uso industrial, independentemente de sua categoria, serão classificadas em:

I - Não saturadas;

II - Em vias de saturação;

III - Saturadas;

Por fim, segundo a Lei Ordinária nº 1.032 de 1995 do município de Biguaçu que dispõe sobre o uso do solo do perímetro urbano de Biguaçu e dá outras providências em seu artigo nº 13 define Área Industrial (AI) como a área destinada à instalação preferencial de indústrias, cujos processos submetidos a métodos adequados de controle e tratamento de efluentes não causam incômodos sensíveis às demais atividades urbanas. Elas são destinadas à implantação das atividades do setor secundário, bem como as atividades que lhe são complementares.

2.5 ESTADO DA ARTE

Após a realização da revisão bibliográfica, visando identificar o estado da arte sobre o tema que aborda esta pesquisa, foram levantados artigos publicados em revistas com relevância internacional entre os anos de 2010 e 2019, cujo tema era a utilização de técnicas de Análise de Multicritério em ambiente SIG aplicado a estudos de planejamento urbano, como pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4: Estado da arte de artigos utilizando técnica AHP em ambiente SIG.

Autor	Título	Ano	Editora	País	Resumo
Klein, C.J. Steinback, C. Watts, M. Scholz, A.J. e Possingham, H. P.	Spatial marine zoning for fisheries and conservation	2010	Frontiers in Ecology and the Environment	EUA	O artigo trata de aplicação da ferramenta de planejamento de várias zonas, Marxan with Zones, para projetar uma rede de quatro tipos de áreas protegidas no contexto da Lei de Proteção à Vida Marinha da Califórnia. Essa abordagem é aplicável ao planejamento de conservação marinha e terrestre e fornece um resultado de gerenciamento baseado em ecossistema que equilibra a conservação e os objetivos da indústria.
Meng, Y. Malczewski, J. Boroushaki, S.	A GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development Sites: A Case Study in Canmore, Alberta	2011	Journal of Geographic Information System	Canadá	Este artigo apresenta uma abordagem de dois métodos de Análise Multicritério (AHP e Média Ponderada) baseada em Sistema de Informações Geográficas (GIS) para mapear padrões de acessibilidade de locais de desenvolvimento habitacional em Canmore, Alberta. O objetivo do estudo é ajudar as autoridades de desenvolvimento habitacional a lidar com a incerteza envolvida no processo de tomada de decisão, alcançando uma melhor compreensão dos padrões alternativos de acessibilidade, além de também auxiliar as autoridades na avaliação e priorização dos locais de desenvolvimento habitacional em termos de níveis de acessibilidade.
Girard, L.F. Cerreta, M. Toro, P.	Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information Systems (GIS): An Integrated	2012	International Journal of the Analytic Hierarchy Process	Itália	Este artigo explora o potencial dos Sistemas de Suporte à Decisão Espaciais com Multicritério, denominados Avaliação Espacial Integrada (ISA), para o campo do planejamento do uso da terra. Esse sistema leva em consideração o conhecimento técnico sobre o problema de decisão em questão e o conhecimento leigo da

	Spatial Assessment for Planning Strategic Choices.				comunidade local na construção de opções de planejamento compartilhado. Através da investigação empírica de um estudo de caso operativo, uma abordagem avaliativa integrada implementada por meio do MCSDSS pode ir além dos limites espaciais e hierárquicos - levando em conta os diferentes componentes, esclarecendo pesos e reconhecendo diferentes prioridades - para definir estratégias apropriadas, considerando a participação social e diálogo dinâmico entre diferentes especialistas, de acordo com os princípios de sustentabilidade.
Saracoglu, B.	Selecting industrial investment locations in master plans of countries	2013	European Journal of Industrial Engineering	Turquia	O objetivo deste artigo é resolver um dos problemas cruciais nos planos diretores industriais, a seleção do local de investimento industrial. Um dos programas orçamentários do governo na Turquia tem como objetivo pesquisar, encontrar, definir, investigar, selecionar e decidir zonas para instalação de novos estaleiros. Este estudo apresenta um novo procedimento de suporte à decisão baseado no AHP para os problemas de seleção de local nos planos diretores.
Hadipourm M. e Kishani, M.	Environmental Location Planning of Industrial Zones Using AHP and GIS in Arak City, Iran	2014	Global Illuminators	Irã	Um dos principais objetivos na seleção de zonas industriais é encontrar o local mais apropriado com as condições desejadas definidas pelos critérios de seleção. A maioria dos dados usados pelos gerentes e tomadores de decisão na seleção de locais industriais é geográfica, o que significa que o processo de seleção de locais industriais é um problema de decisão espacial. Este artigo apresenta uma solução bem-sucedida para apoio à decisão espacial através de GIS e AHP de zonas industriais, tendo como área de estudo o município de Arak (Irã).

Dutta, V e Tiwari, VK.	Environmental Impact Assessment of Housing Colonies in Lucknow City, India with Special Reference to Land Capability and Spatial Development Using AHP and GIS	2015	Environment and Urbanization ASIA	Índia	Este estudo usa a estrutura da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) para avaliar os impactos atuais e futuros no desenvolvimento de projetos habitacionais em Lucknow e também avalia as questões pós-projeto. A análise de conflitos é realizada para explorar divergências entre a adequação urbana, possibilitando a infraestrutura e o plano diretor 2021 propostos pelas autoridades terrestres usando imagens de satélite, processo de hierarquia analítica difusa (AHP) e submodelos no âmbito da avaliação ambiental. O resultado deste estudo revela que os regulamentos da AIA não são implementados adequadamente nos projetos habitacionais e há conflitos com relação à conformidade pós-projeto.
Sánchez- Lozano, J.M. García- Cascales, M.S. e Lamata, M.T.	GIS-based onshore wind farm site selection using Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making methods. Evaluating the case of Southeastern Spain	2016	Applied Energy	Espanha	Neste artigo, algumas abordagens difusas de diferentes métodos de Tomada de Decisão de Múltiplos Critérios (MCDM) são combinadas para lidar com um problema de decisão como a seleção de locais para instalação de parques eólicos onshore. Mais especificamente, neste artigo o Fuzzy AHP é aplicado para obter os pesos dos critérios, enquanto a Técnica Fuzzy de Ordem de Preferência por Similaridade à Solução Ideal (FTOPSIS) é usada para avaliar as alternativas, desenvolvido em um ambiente SIG. A costa da região de Múrcia, localizada no sudeste da Espanha, foi escolhida como a área de estudo para realizar este estudo.
Taïbi, A e Atmani, B.	Combining Fuzzy AHP with GIS and Decision Rules for Industrial Site Selection	2017	International Journal of Interactive Multimedia and	Argélia	Este estudo combina o Processo de Hierarquia Analítica Difusa (FAHP), Sistema de Informação Geográfica (SIG) e regras de Decisão para fornecer aos tomadores de decisão um modelo de classificação para locais industriais na Argélia. O Fuzzy AHP é usado para avaliação dos locais potenciais para recebimento de

			Artificial Intelligence		industrias, combinando a teoria dos conjuntos difusos e o processo de hierarquia analítica (AHP).
Peng, J e Peng, FL.	A GIS-based evaluation method of underground space resources for urbanspatial planning: Part 1 methodology	2018	Tunnelling and Underground Space Technology	China	Este artigo se propõe a estudar um método para avaliar o espaço urbano subterrâneo (UUS), através de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e em algumas ferramentas matemáticas, como o AHP e o “Most Unfavorable Grading Method” (MUGM) e “Exclusive Method (EM). Aplicando na sequência aos Planos Diretores da UUS e ao planejamento regulatório detalhado nas cidades chinesas. O resultado da pesquisa é apresentado na forma de dois artigos. A Parte 1 tem como objetivo introduzir a metodologia de avaliação, incluindo avaliação de adequação de construção e avaliação de valor potencial e estimativa de volume. A Parte 2 relata as aplicações do método nas cidades chinesas de Tongren e Changzhou.
Kara, C. e Shuaibu, J.	Evaluating suitability for sustainable urban growth of Abuja by using MCE and GIS	2019	International Journal of Advanced and Applied Sciences	Nigéria	Este artigo tem como objetivo identificar um local adequado para o crescimento urbano sustentável em Abuja (Nigéria). O estudo através de análise multicritério (AHP) e Sistema de Informação Geográfica avalia políticas de crescimento urbano, como: equidade social, crescimento compacto e proteção ambiental. Foram adotadas camadas espaciais de distância da estrada, distância da área central, distância das instalações educacionais, distância dos espaços verdes/abertos, solo, declive, vegetação, características naturais e locais de poluição. Resultando em um mapa que apresenta áreas adequadas para o futuro desenvolvimento urbano sustentável, reduzindo a possibilidade de futuros desastres.

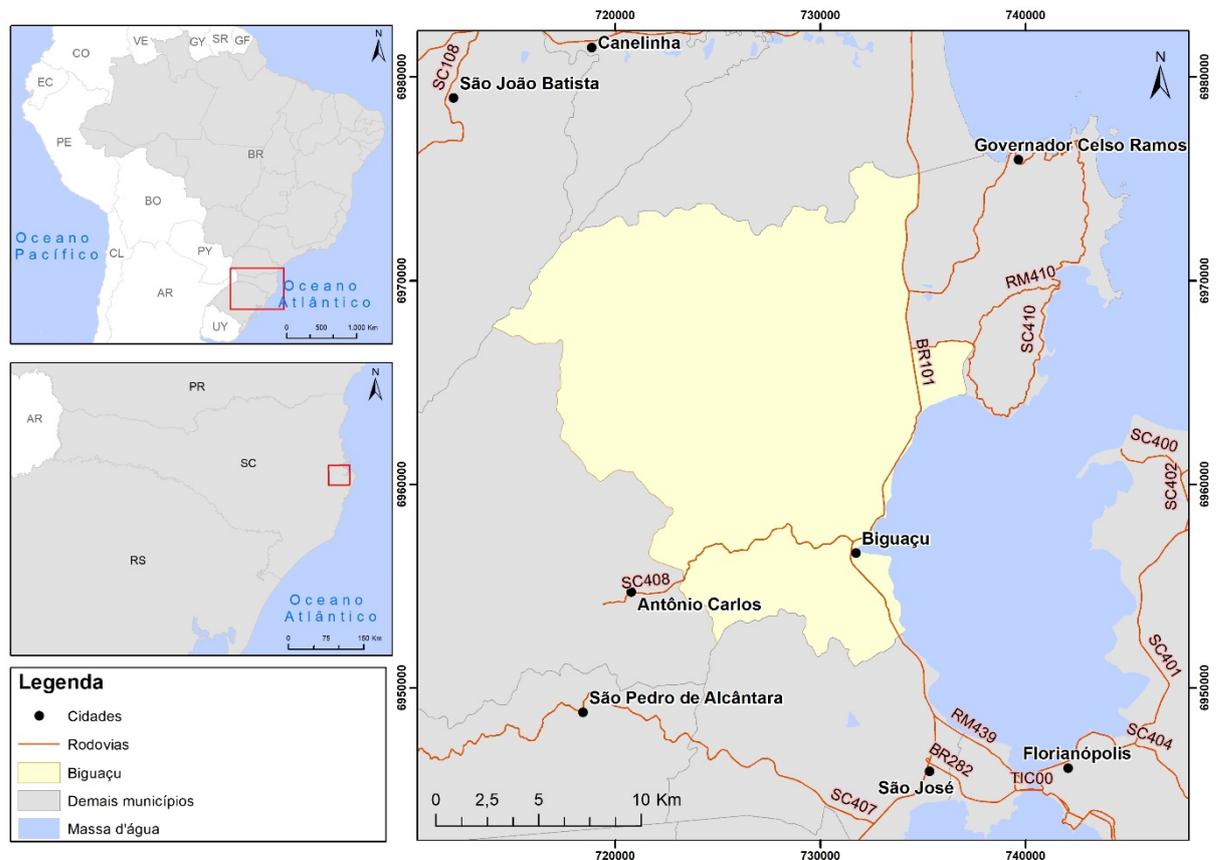
3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Área de Estudo

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi definida como área piloto de estudo o município de Biguaçu, situado na mesorregião da Grande Florianópolis, estado de Santa Catarina (Figura 9), entre as coordenadas geográficas $27^{\circ}19'25,89''\text{S}$ e $48^{\circ}50'13,89''\text{O}$ (superior esquerdo), $27^{\circ}32'35,65''\text{S}$ e $48^{\circ}34'32,23''\text{O}$ (inferior direito).

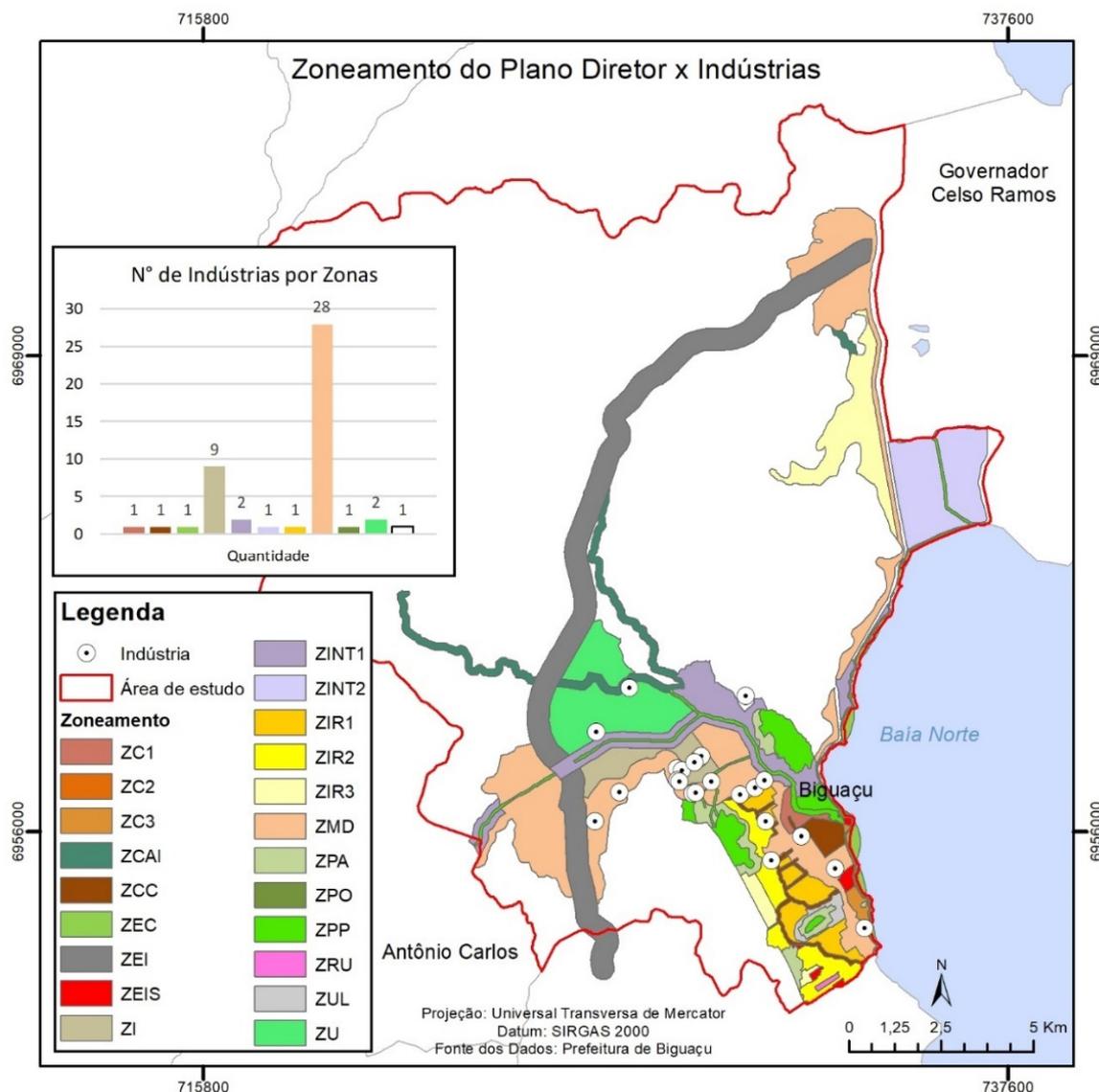
Por se tratar de um estudo que relaciona a temática do planejamento territorial, mais especificamente de auxílio a definição de zonas industriais, foi excluída da área de estudo que sobrepõe a superfície marítima e que também (segundo o IBGE) faz parte do município de Biguaçu.



Mapa 1: Localização da Área de Estudo (município de Biguaçu).

A fim de analisar a localização das indústrias e transportadoras no atual Zoneamento do Plano Diretor instituído pela Lei Complementar nº 12 de 2009 do município de Biguaçu, foram levantadas a partir do Google Earth os estabelecimentos supracitados. E na sequência foi realizado o cruzamento espacial entre os dois temas. Como resposta, por meio do Mapa 2, observou-se que apenas nove indústrias estão inseridas em Zonas Industriais (ZI) e nenhuma em Zonas de Expansão Industrial (ZEI). Entretanto trinta e seis indústrias estão instaladas em zonas onde tais atividades são permitidas com restrições, sendo elas: uma na Zona Comercial – 1 (ZC 1), uma no Zona de Corredor Comercial (ZCC), duas na Zona de Interesse Náutico – 1 (ZINT 1), uma na Zona de Interesse Náutico – 2 (ZINT 2), uma na Zona de Interesse Residencial – 1 (ZIR 1), vinte e oito em Zona Mista Diversificada (ZMD) e duas na Zona de Expansão Urbana (ZU).

Ainda foram encontradas duas indústrias em locais não permitidos pelo Plano Diretor, sendo a primeira delas na Zona de Engodamento Costeiro (ZEC) e a segunda na Zona de Proteção de Orla. Por fim, ainda possui uma indústria fora do zoneamento do Plano Diretor. Ressalta-se que no Mapa 2 as cores que representam a especificidade dos zoneamentos para o município de Biguaçu estão diretamente correlacionadas, pela mesma associação de cores a representação quantitativa presente no gráfico intitulado “Número de Indústrias por Zonas”.



Mapa 2: Zoneamento do Plano Diretor do município de Biguaçu (SC) e Indústrias.

Fonte de dados: Prefeitura de Biguaçu – SC.

Determinar o local para uma instalação significa encontrar um local ideal para instalar uma base operacional para fabricar produtos ou prestar serviços, de modo a obter uma boa administração com vantagens competitivas sobre os concorrentes (Peinado & Graeml, 2007).

Segundo Corrêa & Corrêa (2006), a localização de uma operação afeta a competitividade de uma empresa em relação aos aspectos internos e externos. Para as empresas de manufatura, a localização impacta, entre outros, seus custos diretos (matéria-prima, mão de obra, energia, etc.), custos logísticos para obter insumos e de entrega de produtos a seus clientes. Portanto, a localização da operação exerce forte impacto na organização, sendo um fator crítico de sucesso importante em sua estratégia competitiva.

3.1.2 Softwares, Documentações e Fonte de Dados Utilizados

3.1.2.1 Softwares

Para o desenvolvimento desta pesquisa alguns softwares foram fundamentais para se chegar ao resultado esperado. Sendo eles:

- ArcGIS 10.5: aplicação dos Modelos Booleano e AHP através do *Model Builder* e criação de mapas temáticos;
- Bizagi: desenvolvimento dos fluxogramas apresentados neste documento;
- Google Earth Pro: levantamento de dados para construção de base geográfica;
- Microsoft Excel 2016: desenvolvimento dos cálculos AHP e Correlação Linear de Pearson;
- QGIS 3: importação de dados do Open Street Maps e realização do processo de Geocodificação.

3.1.2.2 Documentações

Além das produções científicas como os livros, artigos e teses alguns documentos se fazem necessários para o entendimento do objeto de estudo, como por exemplo os citados a seguir:

- Plano Diretor de Biguaçu (SC);
- Leis Orgânicas de Biguaçu (SC);
- Lei Ordinária de Biguaçu (SC) n° 1032 (1995) – Uso do Solo do Perímetro Urbano;
- Lei Federal n° 6.803 (1980) – Diretrizes básicas para zoneamento industrial;
- Decreto-Lei 89.817/84 - Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.
-

3.1.2.3 Fonte de dados

Como já informado a pesquisa foi desenvolvida em ambiente SIG, dessa forma foi preciso utilizar dados geográficos, sendo todos gratuitos e de acesso ao público. O Quadro 5,

apresenta as camadas geográficas utilizadas, em qual modelo foi empregado, fonte, primitiva geométrica, escala e ano.

Quadro 5: Fonte dos dados utilizados.

Camada Geográfica	Utilização no modelo	Fonte	Primitiva Geométrica	Escala	Ano
Curso d'água	Booleano e AHP	ANA (SDS/SC)	Linha	-	-
Nascente	Booleano e AHP	ANA (SDS/SC)	Ponto	-	-
MDT	Booleano e AHP	SDS/SC	Raster	-	2010
Terra Indígena	Booleano	FUNAI	Polígono	-	-
Sítio Arqueológico	Booleano	IPHAN	Polígono	-	2018
Setorização de Risco	Booleano	CPRM	Polígono	-	-
Área Edificada	Booleano	Prefeitura de Biguaçu	Polígono	-	-
Linha de Transmissão	Booleano	OSM	Linha	-	-
Pedologia	AHP	Embrapa	Polígono	1:250.000	1999
Litologia	AHP	CPRM	Polígono	1:500.000	-
Aterro Sanitário	AHP	OSM	Polígono	-	-
Setor Censitário	AHP	IBGE	Polígono e dados tabulares	-	2010
Planta de Valores Genéricos	AHP	Prefeitura de Biguaçu	Dados tabulares	-	-
Rodovias	AHP	OSM	Linha	-	-
Linha de Distribuição	AHP	CELESC	Linha	-	-
Hospital	AHP	Google Earth	Ponto	-	-
Escola	AHP	Google Earth	Ponto	-	-

3.2 MÉTODO

O método que objetiva identificar potenciais zonas industriais no município de Biguaçu (SC), adotado na presente pesquisa, foi desenvolvida em ambiente de Sistema de Informação Geográfica e se baseia nos modelos Booleano e Análise de Multicritério mais especificamente o Processo Analítico Hierárquico (AHP). Neste capítulo serão descritas as etapas para o seu desenvolvimento: **1 – Modelo Booleano:** (i) definição dos critérios para o

modelo Booleano; (ii) aplicação do modelo Booleano; e (iii) cálculo de Álgebra de Mapas Booleanos. **2 – Modelo AHP:** (i) definição dos critérios para o modelo AHP; (ii) aplicação do modelo AHP; e (iii) cálculo de Álgebra de Mapas AHP. **3 – Mapa de aptidão de Zonas Industriais:** (i) cálculo de Álgebra de Mapas entre os modelos Booleano e AHP. **4 – Avaliação do método frente ao Plano Diretor:** (i) aplicação do método estatístico de Correlação Linear de Pearson e (ii) interseção entre áreas de “Muito Alta Aptidão de Zonas Industriais” (MAAZI) com as Zonas Industrial e de Expansão Industrial definidas pelo Plano Diretor.

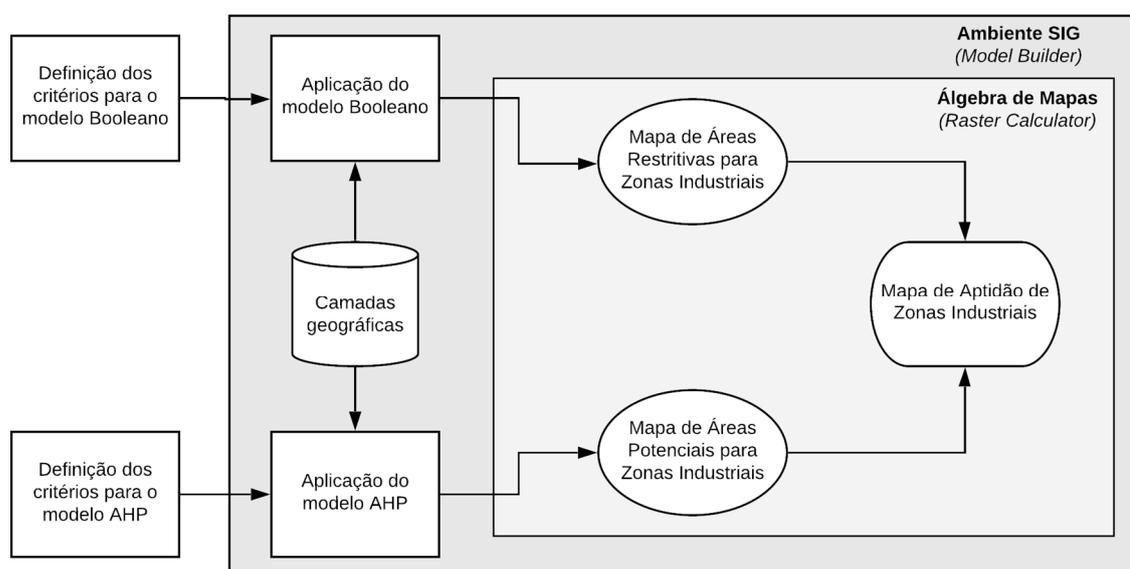


Figura 6: Fluxograma do método aplicado.

3.2.1 Modelo Booleano

3.2.1.1 Definição dos critérios para o modelo Booleano

O modelo Booleano tem por objetivo definir critérios, através de mapas temáticos, que apresentam restrições quanto a possibilidade de definição de uma área industrial. Foram levantados uma série de temas ambientais e de infraestrutura que se tornam restritivos a partir de questão legal ou econômica, e que insidiam na área de estudo. Dessa forma, foram utilizadas as camadas de Área de Preservação Permanente, Terra Indígena, Sítio Arqueológico, Setor de Risco, Áreas Edificadas e Linhas de Transmissão.

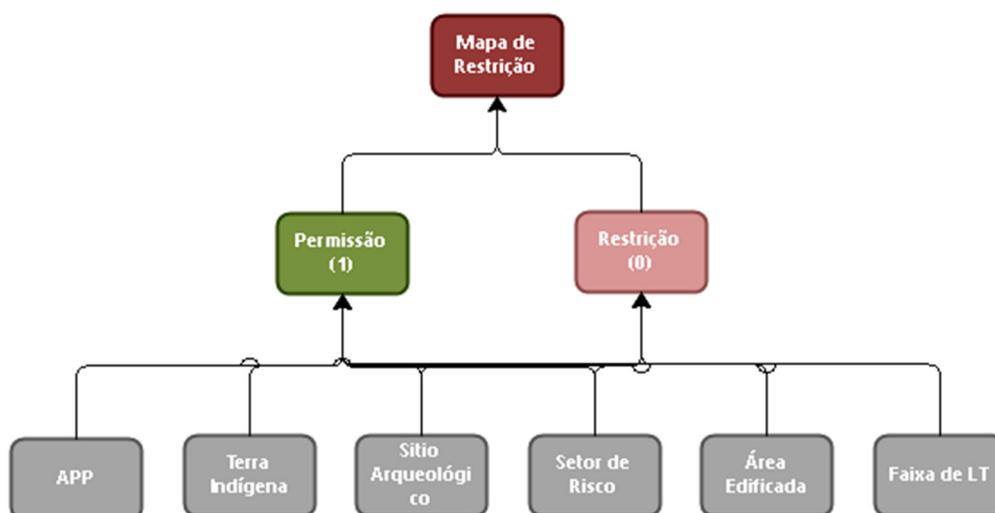


Figura 7: Definição dos critérios utilizados no modelo Booleano.

Dentre os temas que possuíam alta relevância voltadas à definição das áreas restritivas no contexto industrial, mas que não possuíam elementos dentro da área de estudo, podem ser destacados: Aeródromo, Área Militar, Área de Quilombos, Assentamento Rural, Cavidades Naturais e Unidade de Conservação.

3.2.1.1.1 *Área de Preservação Permanente*

Dentre os temas de restrição para construção talvez o mais sensível a população de forma geral sejam as Áreas de Preservação Permanente. Essas áreas são definidas pelo artigo 3º do novo Código Florestal sob Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012 como “Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Foi verificado quais elementos são considerados APP para efeito da lei supracitada que se faziam presentes na área de estudo. A partir dessa lógica, como mostrado no Quadro 6 foram definidas os critérios utilizados, lei citada, área de proteção, camadas utilizadas e suas classes.

Quadro 6: Critérios utilizados para compor a camada de APP.

Critério	Lei	Área de Proteção	Camadas	Classes
Margem de rio de 10 metros de largura.	Art. 4, inc. I, "a" da Lei 12651/12.	Faixa de 30 metros a partir da borda da calha do leito regular.	Hidrografia e Massa D'Água	Dentro da faixa de 30 metros (0) e fora da faixa de 30 metros (1).
Margem de rio de 10 a 50 metros de largura.	Art. 4, inc. I, "b" da Lei 12651/12.	Faixa de 50 metros a partir da borda da calha do leito regular.	Massa D'Água	Dentro da faixa de 50 metros (0) e fora da faixa de 50 metros (1).
Lagos e lagoas naturais (zona rural).	Art. 4, inc. II, "a" da Lei 12651/12.	Faixa de 100 metros nos entornos dos lagos.	Massa D'Água	Dentro da faixa de 100 metros (0) e fora da faixa de 100 metros (1).
Lagos e lagoas naturais (zona urbana).	Art. 4, inc. II, "a" da Lei 12651/12.	Faixa de 50 metros nos entornos dos lagos.	Massa D'Água	Dentro da faixa de 50 metros (0) e fora da faixa de 50 metros (1).
Nascentes e dos olhos d'água.	Art. 4, inc. IV da Lei 12651/12.	Raio de 50 metros.	Nascentes	Dentro da faixa de 50 metros (0) e fora da faixa de 50 metros (1).
Declividade superior a 45°.	Art. 4, inc. V da Lei 12651/12.	Polígono que represente essa área.	MDT	Dentro do polígono de declividade superior a 45° (0) fora (1).
Manguezais	Art. 4, inc. VII da Lei 12651/12.	Polígono que represente essa área.	Manguezal	Dentro do polígono que represente a área de manguezal (0) fora (1).
Topo de Morro	Art. 4, inc. IX da Lei 12651/12.	Polígono que represente essa área.	MDT	Topo de morro ³ .

³ Referente a classes de Topo de Morro: no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

3.2.1.1.2 *Terra Indígena*

O Estatuto do Índio, Lei 6001/73, dispõem sobre os direitos dos Índios. Dentre os direitos é reforçado a questão da terra, como por exemplo no artigo 32º “São de propriedade plena do índio ou da comunidade indígena, conforme o caso, as terras havidas por qualquer das formas de aquisição do domínio, nos termos da legislação civil”.

Dessa forma, por estarem amparados por lei, para esta pesquisa foi definida como critério restritivo para zoneamento de indústrias as áreas de terras indígenas. Conforme observado no Quadro 7, a área de estudo é composta de duas reservas indígenas (Amaral/Tekoá Kuriy e Morro da Palha) ambas da etnia Guarani Mbya, além da Terra Indígena Tradicionalmente Ocupada (Mbiguaçu) pertencente as etnias Guarani Mbya e Guarani Nhandeva.

Quadro 7: Terras Indígenas presentes na área de Estudo.

Nome	Etnia	Fase	Modalidade	Área (ha)	Área (dentro de Biguaçu)
Amaral/Tekoá Kuriy	Guarani Mbya	Regularizada	Reserva Indígena	501,36	501,36
Morro da Palha	Guarani Mbya	Regularizada	Reserva Indígena	240,33	23,91
Mbiguaçu	Guarani Mbya, Guarani Nhandeva	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	59,20	59,20

Fonte: Funai.

Para compor o modelo Booleano, foi definido que para o critério de Terra Indígena os polígonos que representam esse tema receberiam o valor “0”, já as áreas externas aos polígonos de Terras Indígenas o valor “1”.

3.2.1.1.3 *Sítio Arqueológico*

Como é estabelecido pelo art. 175 da Constituição Federal de 1988 “As obras, monumentos e documentos de valor histórico e artístico, bem como os monumentos naturais, as paisagens e os locais dotados de particular beleza ficam sob a proteção do Poder Público” e reforçado pela Lei nº3.924 de 1961 em seu artigo 1º “Os monumentos arqueológicos ou pré-

históricos de qualquer natureza existentes no território nacional e todos os elementos que neles se encontram ficam sob a guarda e proteção do Poder Público...”.

Segundo o arquivo “Sítios Arqueológicos Georreferenciados” disposto no website do IPHAN, a área de estudo possui seis sítios identificados pela seguinte codificação do Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA): SC01527, SC01528, SC01529, SC02864, SC02865 e SC02879.

Ainda que não exista legislação específica, seguindo o mesmo padrão utilizado nas Áreas de Preservação Permanente, para cada um dos seis sítios foi definido um raio 50 metros de proteção. Para compor o modelo Booleano, foi definido que para o critério de Sítio Arqueológico os polígonos que representam esse tema receberiam o valor “0”, já as áreas externas aos polígonos de Sítio Arqueológico o valor “1”.

3.2.1.1.4 *Setorização de Risco*

A identificação de áreas rotuladas como suscetíveis ou de risco a desastres naturais é de relevante interesse para o modelo booleano, uma vez que a proibição dessas áreas em zonas industriais minimiza a exposição à acidentes ambientais. Dessa forma, foram pesquisados como fonte de dados, dois projetos com relevantes resultados em nível nacional de coordenação e autoria da CPRM, sendo eles intitulados como: “Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações” e “Setorização de Riscos Geológicos”.

O primeiro projeto, no qual tem por função identificar as áreas suscetíveis a deslizamentos gravitacionais e inundação, embora tenha sido desenvolvido para alguns municípios da Grande Florianópolis, até a data da conclusão deste estudo não foi gerado para o município de Biguaçu o produto cartográfico que representasse a situação de suscetibilidade e portanto sem efeito de uso nessa pesquisa.

Já o segundo projeto, “Setorização de Riscos Geológicos”, tem como definição⁴ avaliar a possibilidade de ocorrência de um acidente e suas consequências como perda de vidas e/ ou bens materiais. Por meio dos dados georreferenciados, na área de estudo foram identificados setores de risco a deslizamento, inundação e enchente de alta energia.

Para compor o modelo Booleano, foi definido que o critério de Setor de Risco – composto pelos polígonos que representam os temas de Deslizamentos, Inundação e Enchente de alta energia receberiam o valor “0”, já as áreas externas aos polígonos citados o valor “1”.

⁴ Definição disposta no website da CPRM: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais-38> acessado em 19/08/2019.

3.2.1.1.5 *Área Edificada*

Foi utilizado o critério de Área Edificada como um elemento restritivo ao modelo Booleano visto que áreas urbanas consolidadas são menos sensíveis a uma transformação espacial que resulte em uma área de interesse para instalação de indústrias. Cabe informar que esses dados foram adquiridos junto ao WebGIS do município de Biguaçu⁵.

Os dados originais eram representados com o polígono de cada edificação, gerando assim muitos vazios entre uma edificação e outra. O procedimento metodológico se caracterizou na geração de uma mancha de restrição, assim foram vetorizadas as áreas que fazem contorno externo as áreas edificadas, dessa forma agora o dado possui uma característica mais geral quanto a localização das áreas edificadas.

Para compor o modelo Booleano, foi definido que para o critério de Área Edificada os polígonos que representam esse tema receberiam o valor “0”, já as áreas externas aos polígonos de Área Edificada o valor “1”.

3.2.1.1.6 *Faixa de Servidão de Linha de Transmissão*

Faixa de Servidão ou de Segurança, segundo CEMIG (2015) é a faixa de terra ao longo do eixo das linhas e redes aéreas de distribuição, necessária para garantir seu bom desempenho, sua inspeção, manutenção e a segurança das instalações e de terceiros. Segundo Wosny (2010), “a largura da faixa de servidão é determinada em função dos cálculos e parâmetros estabelecidos pela norma técnica ABNT NBR 5422, levando em consideração o balanço e a deflexão dos cabos, o campo eletromagnético, ruído audível exercido pela tensão, interferência nas ondas de rádio, etc”.

⁵ WebGIS – Geoprocessamento Corporativo do município de Biguaçu: <http://geo.bigua.sc.gov.br/> acessado em 19/08/2019.

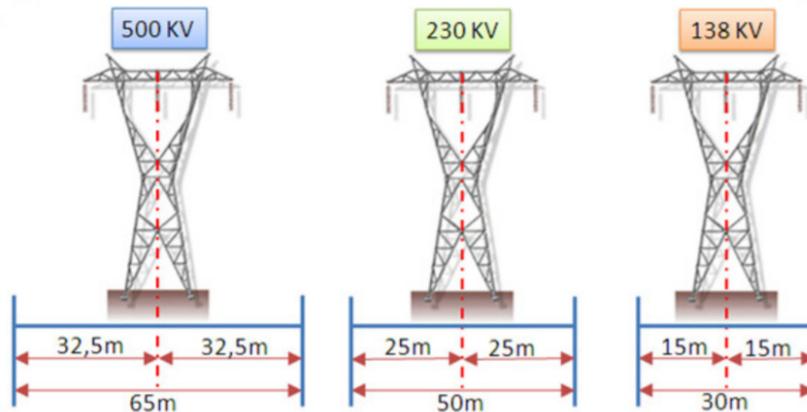


Figura 8: Croquis sobre a largura da Faixa de Servidão conforme a tensão.

Fonte: WOSNY, 2010.

Dessa forma, as Faixas de Servidão de Linha de Transmissão representam um critério restritivo para definição de zonas industriais, por isso ela foi utilizada no modelo Booleano junto ao grupo de Infraestrutura. Na área de estudo existem Linhas de Transmissão nas tensões de 138 kV, 230 kV e 500 kV, logo foram definidas zonas de distâncias (*buffers*) na respectiva ordem: 30 metros (15 para cada lado), 50 metros (25 para cada lado) e 65 metros (32,5 para cada lado).

Para compor o modelo Booleano, foi definido que para o critério de Linha de Transmissão os polígonos que representam esse tema receberiam o valor “0”, já as áreas externas aos polígonos de Linha de Transmissão o valor “1”.

3.2.1.2 Modelo Booleano no ambiente SIG

Para que o modelo Booleano fosse aplicado, anteriormente foi necessário realizar uma série de procedimentos para que as camadas geográficas utilizadas ficassem adequadas aos critérios definidos no item 3.2.1.1 até que ao final estivessem em formato matricial com respostas expressas de forma binária (0 ou 1). Para essas etapas foram utilizadas algumas ferramentas do software ArcGIS, Sendo elas:

- a) Importação das camadas geográficas utilizadas no modelo;
- b) Manipulação das camadas geográficas (ferramentas);
 - a. *Select*: selecionar atributos da tabela;
 - b. *Buffer*: definir zona de influência;
 - c. *Clip*: recorte em função da área de estudo;
 - d. *Erase*: “apagar” área de estudo em função do resultado do item “b”; e

Para aplicação do modelo Booleano foi desenvolvido uma modelagem de rotina de processos em ambiente SIG, através do ESRI's *Model Builder*, uma aplicação do software ArcGIS cuja função é criar, editar e gerenciar modelos. Segundo Schaller e Mattos (2009 apud Goodchild 2005) modelos espaciais de SIG simplificam procedimentos convencionais; os fluxos de trabalhos são automatizados através da conexão de tarefas e processos; sendo permitido sua modificação, repetição em múltiplas vezes com apenas um clique no mouse, facilitando o gerenciamento do fluxo de trabalho e aumentando a eficiência de geoprocessamento.

A utilização de modelos de processos é muito conveniente nos mais diferentes projetos, com ele é possível ter uma visualização rápida do resultado; é reduzido o custo e tempo de desenvolvimento e produção do produto; e por fim o modelo pode ser aprimorado com a experiência.

Como representado na Figura 9, foi desenvolvido com o auxílio do ESRI's *Model Builder* o fluxo de trabalho do Modelo Booleano proposto. O modelo possui doze entrada de dados (*inputs*), representados por círculos azuis escuro; uma variável que define e padroniza o sistema de projeção cartográfica para os processos (*environment settings*) representada por círculo azul claro; setenta e quatro processos (*geoprocessing tools*), representados por retângulos amarelos; e setenta e quatro saída de dados (*outputs*), representados por círculos verdes, sendo setenta e três intermediárias e uma única caracterizando o resultado final que se configura como sendo o mapa temático que representa as áreas restritivas ao zoneamento industrial.

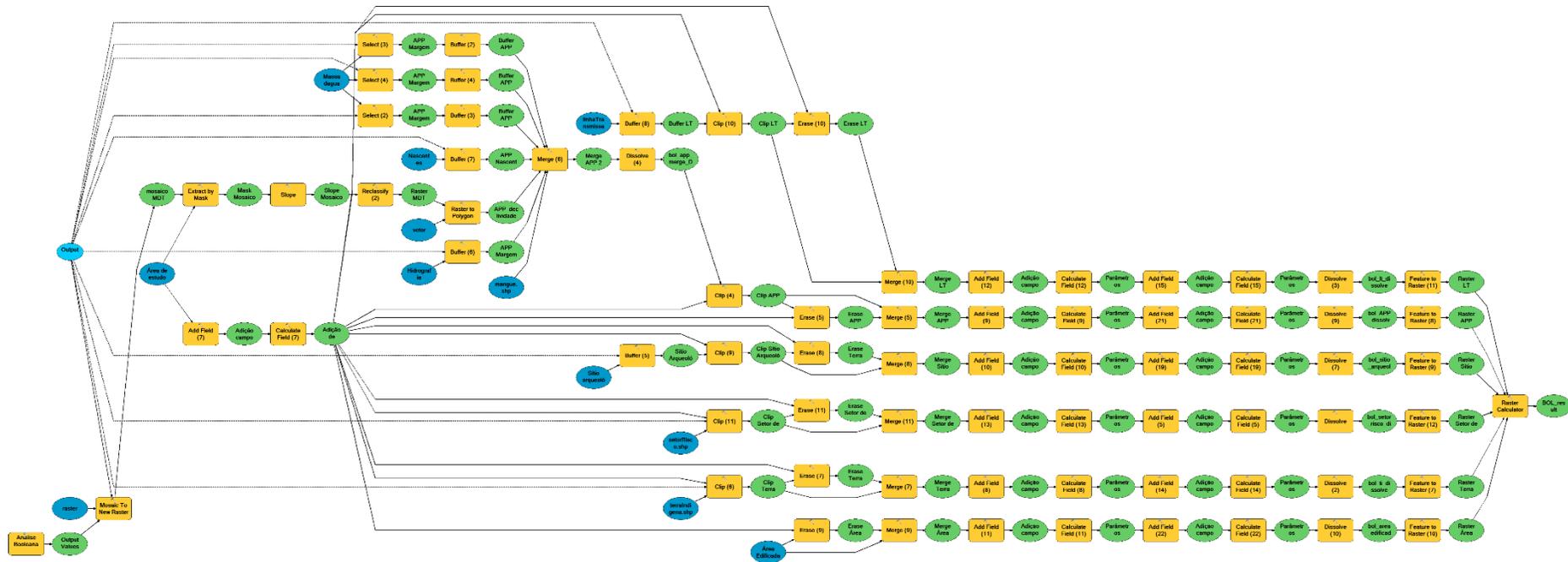


Figura 9: Representação do modelo Booleano desenvolvido no *Model Builder* (ArcGIS).

3.2.2 Modelo AHP

O AHP foi proposto por Satty como uma técnica para resolução de problemas difíceis, visto que a complexidade do problema passa a ser diminuída com a avaliação dos critérios em diferentes níveis hierárquicos. Essa análise multicritério tem por função quantificar critérios qualitativos, auxiliando dessa forma a tomada de decisão.

Visando executar a tomada de decisão a um nível de confiabilidade indispensável para a definição de áreas com potenciais à criação de zonas industriais, fez-se uso de análise multicritério através da aplicação do método AHP. Segundo Saaty (2008), para tomar decisões precisa-se conhecer o problema, a necessidade e propósito da decisão, o critério da decisão, o subcritério, *stakeholders*, grupos afetados e ações alternativas. Devendo tentar determinar a melhor alternativa ou no caso de alocação de recursos estabelecer as prioridades para alocar sua quota adequada dos recursos.

As principais etapas do método AHP segundo Faria e Augusto Filho (2013) são: estruturação dos níveis hierárquicos, atribuição de pesos pelos especialistas, estruturação da matriz de decisão AHP, cálculo da matriz por meio de procedimentos matemáticos, verificação da coerência dos pesos - análise de sensibilidade, priorização das alternativas e por fim classificação final. A Figura 10 representa as etapas da análise AHP, adaptadas de Faria & Augusto Filho (2013).

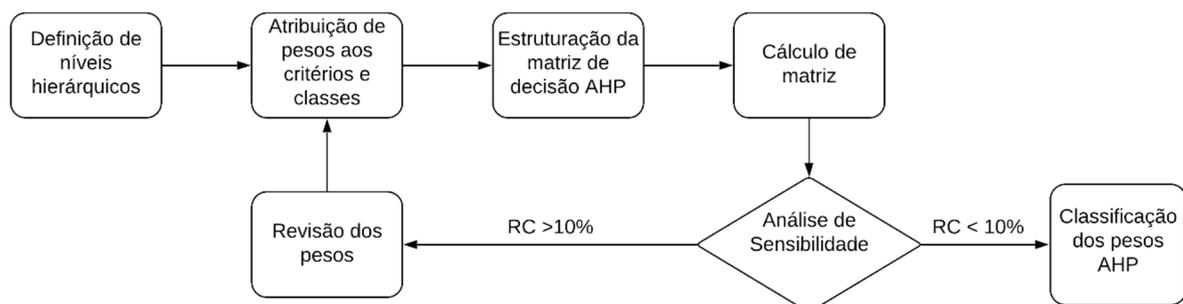


Figura 10: Etapas da análise AHP.

Adaptado de Faria e Augusto Filho (2013).

3.2.2.1 Definição dos níveis hierárquicos do modelo AHP

Para o modelo AHP, foram definidos três níveis hierárquicos nomeados como critérios, subcritérios e alternativas. Os critérios, primeiro nível hierárquico, foram

representados por duas classes: socioambiental e econômico/infraestrutura. Os subcritérios e as alternativas do modelo AHP estão resumidamente apresentados na Figura 11 e explicado ao longo do item 3.2.2.1.

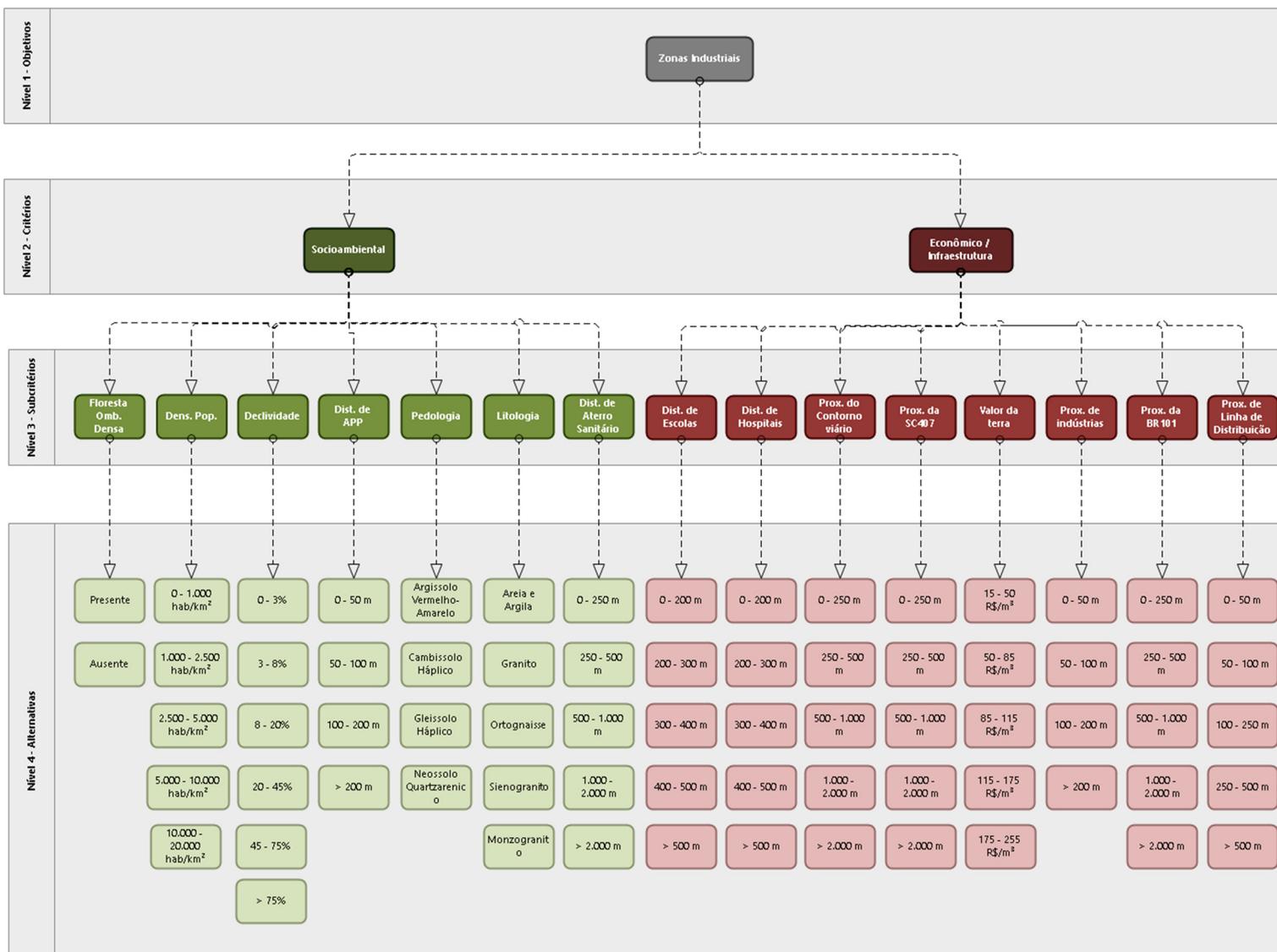


Figura 11: Representação do Objetivo, Critérios, Subcritérios e Alternativas utilizadas no modelo AHP.

3.2.2.1.1 *Critério: Socioambiental*

Para compor o critério Socioambiental foram utilizados temas, nomeados pelo método como subcritérios, incidentes na área de estudo e pertinentes a pesquisa no que tange questões socioambientais que, no entanto, não representam restrições, mas sim diferentes níveis de interesses (potencialidades).

3.2.2.1.1.1 *Subcritério: Floresta Ombrófila Densa*

O subcritério Floresta Ombrófila Densa foi considerado como uma variável importante para o modelo visto que áreas com vegetação primária ou secundária (densa) não são áreas especuladas para criação de zonas industriais e além disso, de forma geral, tem por característica estar em áreas de encostas. A camada de floresta ombrófila densa foi vetorizada a partir do serviço de Base Maps do ArcGIS, onde estão dispostas um banco de imagens de satélite com alta resolução espacial.

3.2.2.1.1.2 *Subcritério: Densidade Populacional*

A identificação dos locais com maior concentração de população no município é importante por uma série de motivos, como por exemplo a realização da gestão dos espaços. Uma boa maneira de realizar essa leitura é através dos dados de densidade populacional, essa que ainda pode ser aprofundada com a utilização de algum tema específico.

Para esta pesquisa tinha-se o intuito de identificar áreas com menor concentração da população desconsiderando intervalos de faixa etária. Dessa forma, foi definido o subcritério Densidade Populacional para o modelo AHP. E para o seu desenvolvimento foram extraídas as informações do Censo 2010 (IBGE) e na sequência feito uma junção com a tabela georreferenciada de Setores Censitários (IBGE), que é a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País” (IBGE, 2011).

Dessa forma, apenas foi necessário fazer a soma da população total e pôr fim a divisão pela área do setor censitário, como observado na equação (1).

$$Densidade\ demogr\u00e1fica = \frac{habitantes}{\acute{a}rea\ (km^2)} \quad (1)$$

J\u00e1 as alternativas (quarto n\u00edvel hier\u00e1rquico), foram determinados a partir da adapta\u00e7\u00e3o do m\u00e9todo de “Quebras Naturais” (algoritmo de Jenkes), m\u00e9todo que busca minimizar a vari\u00e2ncia intra classes e maximizar a vari\u00e2ncia inter classes (GIRARDI, 2008), sendo eles: 0 \u00e0 1.500, 1.500 \u00e0 5.000, 5.000 \u00e0 10.000, 5.000 \u00e0 10.000, 10.000 \u00e0 15.000 e 15.000 \u00e0 30.000 hab/km\u00b2.

3.2.2.1.1.3 Subcrit\u00e9rio: Declividade

A descri\u00e7\u00e3o do relevo por meio da declividade \u00e9 de suma import\u00e2ncia para identifica\u00e7\u00e3o das \u00e1reas mais e menos acidentadas na \u00e1rea de estudo. Para o desenvolvimento do subcrit\u00e9rio de Declividade, foram utilizados os dados Modelo Digital de Terreno (MDT), extra\u00eddo de Levantamento Aerofotogram\u00e9trico de 2010, sendo cedidos pela Secretaria de Desenvolvimento Sustent\u00e1vel de Santa Catarina (SDS/SC), por meio do portal SIGSC⁶. A partir do MDT foram adotadas as alternativas (classes de declividade) estipulado pela Embrapa (1979), que tamb\u00e9m \u00e9 compat\u00edvel com as utilizadas pela metodologia de Davison Dias (1995), sendo elas:

- Plano: superf\u00edcie de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos s\u00e3o muito pequenos, com expressiva ocorr\u00eancia de \u00e1reas com declives de 0 a 3%
- Suave ondulado: superf\u00edcie de topografia pouco movimentada, constitu\u00edda por conjunto de colinas e/ou outeiros (eleva\u00e7\u00f5es de altitudes relativas da ordem de 50 a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, com expressiva ocorr\u00eancia de \u00e1reas com declives de 3 a 8%.
- Ondulado: superf\u00edcie de topografia pouco movimentada, constitu\u00edda por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando expressiva ocorr\u00eancia de \u00e1reas com declives entre 8 e 20%.
- Forte ondulado: superf\u00edcie de topografia movimentada formada por outeiros e/ou morros (eleva\u00e7\u00f5es de 100 a 200 m de altitude relativa), com predomin\u00e2ncia de declives de 20 a 45%.

⁶ Portal SIGSC: <http://sigsc.sds.sc.gov.br/download/index.jsp>

- Montanhoso: superfície de topografia vigorosa, com predominância de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes da ordem de 45 a 75%.
- Escarpado: regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escarpamentos tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes de vales encaixados, etc., com declives acima de 75%.

3.2.2.1.1.4 *Subcritério: Distância de Área de Preservação Permanente*

O subcritério de “Distância de Área de Preservação Permanente” foi elaborado a partir do que desenvolvido no item 3.2.1.1.1 do modelo Booleano. Como já citado anteriormente, as áreas de APP são amparadas pela Lei 12.651/2012, por isso é um critério restritivo e utilizado no método booleano.

A lei supracitada não define áreas de amortecimento, entretanto foram identificados como pertinentes ao critério Socioambiental do modelo AHP a definição do subcritério de “Distâncias de APP”, pois tem-se o entendimento que quanto maior a distância dos empreendimentos industriais para as APP, menor é a possibilidade de geração de impacto ambiental.

O subcritério em questão é representado por quatro alternativas definidos a partir de zonas de distâncias das áreas de APP, com os seguintes intervalos: 0 à 50 m, 50 à 100 m, 100 à 200 m e acima de 200 m.

3.2.2.1.1.5 *Subcritério: Pedologia*

Da mesma forma que o subcritério de litologia, foi considerado pedologia como uma variável importante para o modelo. A camada de pedologia tem como fonte de dados a produção cartográfica desenvolvida pela Embrapa na escala de 1/250.000, seguindo as nomenclaturas adotadas por IBGE (2007) no Manual Técnico de Pedologia. Nesse contexto, a terminologia adotada na pesquisa segue o mesmo padrão indicado pela Embrapa e IBGE e, portanto, foi estabelecido para a de estudo seguintes classes pedológicas (alternativas): Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Hápico, Gleissolo Hápico e Neossolo Quartzarenico.

3.2.2.1.1.6 *Subcritério: Litologia*

O subcritério litologia foi considerado uma variável importante para o modelo, uma vez que distintas tipologias de rochas exigem diferentes soluções de engenharia, considerando a construção de galpões e outras instalações industriais. A camada de litologia tem como fonte de dados o material cartográfico produzido pela CPRM na escala de 1/500.000.

3.2.2.1.1.7 *Subcritério: Distância de Aterro Sanitário*

Nas cidades brasileiras as áreas próximas aos aterros sanitários não são muito valorizadas, por diversos motivos: cheiro ruim, possível proliferação de doenças, áreas com emissão de gás metano dentre outros. Segundo UNFCCC (2007), situado no município de Biguaçu, o aterro sanitário de resíduos sólidos de Tijuquinhas começou a receber lixo em 1991, e atendem vinte e um municípios na área metropolitana de Florianópolis apresentando aproximadamente 200.000 m² de área de operação.

Segundo Gouveia e Prado (2010), os aterros de resíduos sólidos urbanos têm sido considerados potenciais fontes de exposição humana a substâncias tóxicas. As principais rotas de exposição humana aos contaminantes presentes em aterros são sua dispersão através do solo e ar contaminados, bem como a percolação e lixiviação do chorume.

Já para Berríos (2010 apud Consini, da Silva e Gimenez F^o. 2000), para a construção de um aterro sanitário alguns itens precisam ser preenchidos, como os citados: a) apresentar adequação ambiental, b) aptidão natural do terreno, c) vida útil apropriada, d) histórico de operação (volume, tipo de lixo etc.), e) distância razoável aos centros produtores, f) contar com infraestrutura, mão-de obra e equipamentos necessários, g) possibilidades da sua expansão, h) novas áreas alternativas e i) disponibilidade de recursos financeiros.

Visto o que foi citado nos itens de letra “e” e “f” e somado ao fato de aterros sanitários serem áreas inflamáveis devido a emissão do gás metano é justificável a necessidade de Indústrias estarem distantes de aterros sanitários. Por isso foi definido a utilização do subcritério de “Distâncias de Aterro Sanitário” onde as alternativas foram compostas por cinco zonas de distâncias, sendo elas: 0 a 250 m, 250 a 500 m, 500 a 1.000 m, 1.000 a 2.000 m e acima de 2.000 m.

3.2.2.1.2 *Critério: Econômico / Infraestrutura*

Para compor o critério Econômico/Infraestrutura foram utilizados temas, nomeados pelo método como subcritérios, incidentes na área de estudo e pertinentes a pesquisa no que tange questões econômica e de infraestrutura em diferentes níveis de interesses (potencialidades).

3.2.2.1.2.1 *Subcritério: Distância de Escolas*

A determinação de zonas industriais próximo a áreas escolares pode não ser viável por vários motivos, como por exemplo: geração de ruídos pelas indústrias e aumento da circulação de caminhões, pois além de gerar ruídos podem provocar situações que atentam a segurança viária.

No município de Biguaçu não foi identificado leis que dispõe sobre ruídos urbanos, mas em muitos municípios brasileiros como em Florianópolis, por meio da Lei Complementar n°3/99 através do artigo 1º, parágrafo 2º inciso XII define-se Zona Sensível ou Zona de Silêncio como sendo: “é aquela que, para atingir seus propósitos, necessita que lhe seja assegurado um silêncio excepcional. Define-se como zona de silêncio a faixa determinada pelo raio de 200m (duzentos metros) de distância de hospitais, maternidades, asilos de idosos, escolas, bibliotecas públicas, postos de saúde ou similares”.

Como já citado, não existe por força de lei, no município de Biguaçu, amparo legal que definam as zonas protegidas de ruído, entretanto foi definido o subcritério “Distância de Escolas” e suas alternativas (zonas de distâncias) com base na lei anteriormente citada. Sendo as zonas: 0 a 200 m, 200 a 300 m, 300 a 400 m, 400 a 500 m e acima de 500 metros.

3.2.2.1.2.2 *Subcritério: Distância de Hospitais*

Considerando os mesmos motivos da importância do distanciamento de zonas industriais para as escolas, foi determinado o subcritério “Distância de Hospitais”. Com isso também foram utilizados os mesmos parâmetros (zonas de distâncias), sendo eles: 0 a 200 m, 200 a 300 m, 300 a 400 m, 400 a 500 m e acima de 500 metros.

3.2.2.1.2.3 *Subcritério: Proximidade do Contorno Rodoviário de Florianópolis*

O Contorno Rodoviário de Florianópolis, segundo o Grupo Arteris⁷, é uma nova rodovia que está sendo implantada para desviar o tráfego de longa distância da região metropolitana da Grande Florianópolis. O traçado passa pelos municípios de Governador Celso Ramos, Biguaçu, São José e Palhoça e terá cinquenta quilômetros de extensão.

O contorno rodoviário cortará o município de Biguaçu no sentido norte-sul, sendo considerada uma alça de desvio de tráfego da rodovia BR-101. Porém, irá passar pelo interior do município de Biguaçu. Neste sentido, definir zonas industriais ao longo do contorno viário significa ter rápido escoamento da produção e o desenvolvimento urbano (residencial) ao longo da rodovia é considerado não apropriado. Com base nessas informações foi definido como subcritério o termo “Proximidade do Contorno Viário de Florianópolis” e suas alternativas as cinco zonas de distâncias: 0 a 250 m, 250 a 500 m, 500 a 1.000 m, 1.000 a 2.000 m e acima de 2.000 m.

3.2.2.1.2.4 *Subcritério: Proximidade da Rodovia SC-407*

A rodovia SC-407 faz a ligação do município de Antônio Carlos com a rodovia BR-101 cruzando o município de Biguaçu. Esse cruzamento configura para o município de Biguaçu uma importante rota de comunicação viária, por vários motivos, sendo eles: acesso rápido a rodovia BR-101; o desenvolvimento urbano ao longo da rodovia é irrelevante, com tendências de altos investimentos; rodovia ganhará maior importância por ser uma das conexões entre a BR-101 e o Contorno Viário de Florianópolis, que está fase de construção. Considerando esse cenário, foi definido como subcritério o termo “Proximidade da SC-407” e suas alternativas as cinco zonas de distâncias: 0 a 250 m, 250 a 500 m, 500 a 1.000 m, 1.000 a 2.000 m e acima de 2.000 m.

3.2.2.1.2.5 *Valor da Terra*

Fatores econômicos são de relativa importância para definir zonas atrativas para a implantação de uma indústria, dentre eles pode ser destacada a mensuração do valor da terra por metro quadrado. Dessa forma, foi definido “Valor da Terra” como o primeiro subcritério

⁷ Informações retirado no website do Contorno Rodoviário de Florianópolis sob responsabilidade da Autopista Litoral Sul, Grupo Arteris: <http://www.contornodefiorianopolis.com.br/> acessado em 27/07/2019.

do critério “Econômico / Infraestrutura”. Como esta pesquisa tem por pressuposto a utilização de dados abertos, cuja características por vezes se configura em valores generalizados, o subcritério “Valor da Terra” foi elaborado a partir de uma adaptação da Planta Genérica de Valores do município de Biguaçu que segundo Nadolny (2016):

“define-se como um conjunto de valores básicos unitários de imóveis urbanos, compreendendo terrenos, edificações e glebas devidamente homogêneos segundo critérios técnicos e uniformes quanto à contemporaneidade, aos atributos físicos dos imóveis, às características das respectivas zonas, à natureza física, à infraestrutura, aos equipamentos comunitários, aos níveis de atividades existentes, às possibilidades de desenvolvimento e às posturas legais para uso e ocupação do solo. A uniformidade e o dinamismo são as características básicas da avaliação em massa”.

A Planta Genérica de Valores do município de Biguaçu estava especificada em forma de tabela no anexo III da Lei Complementar nº3 de 13 de dezembro de 2007 referente ao Código Tributário de Biguaçu (SC). Nessa tabela constavam as informações do tipo de logradouro, nome do logradouro, seção, lado e valor do metro quadrado.

Quadro 9: Representação da Planta Genérica de Valores.

D	S	COD.	Tipo Log.	Nome do Logradouro	Seção	lado	Valor do m ²
1	4	1	R.	VEREADOR EMÍDIO AMORIM VIRÍSSIMO	164	D	R\$ 75,00
1	4	1	R.	VEREADOR EMÍDIO AMORIM VIRÍSSIMO	164	E	R\$ 75,00
1	4	1	R.	VEREADOR EMÍDIO AMORIM VIRÍSSIMO	224	D	R\$ 75,00
1	4	1	R.	VEREADOR EMÍDIO AMORIM VIRÍSSIMO	224	E	R\$ 75,00
1	4	2	R.	MARECHAL FLORIANO	78	D	R\$ 105,00
1	4	2	R.	MARECHAL FLORIANO	78	E	R\$ 105,00
1	4	3	Tr.	WALDEMAR ERNESTO NUNES	62	D	R\$ 60,00

Fonte: Prefeitura de Biguaçu (SC).

Como representado no Quadro 9, as informações do valor do metro quadrado de cada logradouro estão dispostas de forma tabular. Dessa forma foi necessário fazer a transformação desses dados para uma representação espacial georreferenciada, a partir da técnica de Geocodificação, que segundo Noronha, Ferreira e Queiroz (2017) é o de processo de

transformação de uma informação textual (endereço postal) em uma representação geográfica (par de coordenadas). Esse procedimento de representação dos valores da terra foi executado em ambiente SIG.

A técnica de Geocodificação foi realizada no software QGIS 3 a partir da ferramenta “*Geocode CSV with Google/ Open Street Maps*” pertencente ao conjunto de ferramentas MMQGIS. Dessa forma, foi inserido o arquivo tabular em extensão CSV e como saída obteve-se um arquivo em formato shapefile com primitiva geométrica de pontos.

Após o processo de Geocodificação foi possível aplicar uma segunda técnica: Ponderação do Inverso das Distâncias do inglês *Inverse Distance Weighting* (IDW) que segundo Jakob e Young (2006) “implementa explicitamente o pressuposto de que os elementos que se encontram mais próximos guardam entre si uma relação de maior semelhança quando comparados com outros elementos mais distantes. Para predizer um valor para algum local não medido, o IDW usará os valores amostrados à sua volta, os quais assumirão um maior peso quando comparados com valores mais distantes, ou seja, cada novo ponto possui uma influência direta do elemento de entorno, que diminui na medida em que a distância aumenta, daí seu nome”.

Ou seja, foi aplicado um princípio de geoestatística, o IDW, cuja função era gerar uma interpolação dos pontos da Planta Genérica de Valores em um arquivo matricial. Por fim, as alternativas definidas do subcritério de “Valor de Terra” foram: 15 a 50, 50 a 85, 115 a 175 e 175 a 255 reais o metro quadrado.

3.2.2.1.2.6 Subcritério: Proximidade de Indústrias e Transportadoras

É notório que empresários procurem investir em locais estrategicamente viáveis para a criação de uma nova unidade industrial que atenda o seu perfil de negócio. Dentre os fatores se destacam a disponibilização de infraestrutura como energia, sistema viário, saneamento, comunicação, mão-de-obra e disponibilização de matéria-prima.

Muitas vezes, as estruturas citadas se encontram em clusters industriais. O SEBRAE (2002) define clusters ou Arranjos Produtivos Locais (APLs) como aglomerados de empresas. As empresas que compõem um cluster, além da proximidade física e da forte relação com os agentes da localidade, têm em comum uma mesma dinâmica econômica. Entretanto a principal característica de um cluster é a forte aglomeração ou concentração em uma mesma região.

Já para Amato Neto (2000), os clusters proporcionam às pequenas e médias empresas (PMEs) a capacidade de desenvolver atividades que isoladamente não conseguiriam e, com isso, capacidade em competir globalmente.

A aglomeração de Indústrias, segundo a ECP [2018?], facilitaria suas atividades de trabalhar, principalmente na oportunidade de se utilizar sistemas de tratamento de efluentes líquidos, comum para as indústrias afins (por exemplo: poluentes orgânicos, inorgânicos, etc.), sistema de armazenamento e tratamento de resíduos industriais comuns às industriais (exemplo: incineração de resíduos sólidos, aterros químicos, etc.), sistemas de utilidades comuns (vapor, água, etc.) e até sistemas de tratamento de efluentes gasosos, sem contar no fácil manuseio de matérias-primas, subprodutos, produtos finais de uma empresa para outra.

Dessa forma, estar inserido num cluster industrial pode ser benéfico pelos seguintes fatores: outras indústrias do grupo podem ser fornecedoras, clientes ou parceiras; nessas áreas existe uma maior oferta de mão-de-obra e logística facilitada pela proximidade de transportadoras, etc. Considerando esse cenário, a partir de pesquisas no software Google Earth foram mapeadas as indústrias e transportadoras presentes no município de Biguaçu portanto, foi definido como subcritério o tema “Proximidade de Indústrias e Transportadoras” e por consequência definidas as cinco alternativas de zonas de distâncias, sendo elas: 0 à 250 m, 250 à 500 m, 500 à 1.000 m, 1.000 à 2.000 m e acima de 2.000 m.

3.2.2.1.2.7 Subcritério: Proximidade da Rodovia BR-101

Para o ramo industrial estar próximo as rodovias é um fator de relevância estratégica, pelo ponto de vista da logística de transportes, como pode ser ratificado pelas seguintes facilidades: acesso rápido a via que permite o escoamento/recebimento de mercadorias, exige menor infraestrutura de circulação de caminhões, gera menor volume de tráfego nos centros urbanos, dentre outras. Dessa forma foram identificados os principais eixos de escoamento de mercadoria do município de Biguaçu (BR-101, BR407 e a rodovia planejada do contorno viário da BR-101), de modo complementar também foi definido a sua proximidade a BR seria considerada nos critérios “Econômicos/Infraestrutura”.

A principal rodovia federal do estado de Santa Catarina, BR-101, corta o município de Biguaçu no sentido norte-sul, e geograficamente localiza-se costeando a baía norte – portanto em situação privilegiada segundo o ponto de vista da paisagem. Apesar da expansão urbana ter se consolidado ao longo do município de Biguaçu, limitando em vários pontos a definição de zonas indústrias, entende-se que estar próximo a essa rodovia significa ter um rápido

escoamento da produção. Dessa forma, foi definido como subcritério o termo “Proximidade da BR-101” o qual apresenta níveis e dimensões intervalares de distâncias conforme segue: 0 a 250 m, 250 a 500 m, 500 a 1.000 m, 1.000 a 2.000 m e acima de 2.000 m.

3.2.2.1.2.8 *Subcritério: Proximidade de Linha de Distribuição*

Linha de Distribuição, segundo a Resolução Normativa nº 674 de 2015 da ANEEL é a Linha elétrica destinada exclusivamente à interligação de subestações e de circuitos de distribuição de energia elétrica em níveis de tensão menores que 230 kV. São essas linhas que abastecem as indústrias, ou seja, locais que já possuam infraestrutura para fornecimento de energia elétrica trifásico de alta tensão são mais interessantes.

Neste contexto, foi definido como subcritério o tema “Proximidade da Linha de Distribuição” e caracterizadas cinco zonas intervalares de distância, sendo elas: 0 à 50 m, 50 à 100 m, 100 à 250 m, 250 à 500 m e acima de 500 m. Para o desenvolvimento dessa camada foi requisitado junto a CELESC os dados georreferenciados das Linhas de Distribuição e a partir dele elaborado as zonas de distâncias.

3.2.2.2 Atribuição de pesos aos critérios e estruturação de matriz de comparação.

Com a realização da definição dos níveis hierárquicos do modelo AHP, a etapa seguinte consistiu na atribuição de pesos através da escala de julgamentos (Escala Fundamental de Saaty) que expressa valores de 1 à 9.

Saaty (1991) sugere que para a comparação “par a par” seja definida uma escala de 1 à 9 (sendo 1 o fator de igual importância e 9 o valor de extrema importância). Essa escala pode ser justificada devido à habilidade humana que para fazer distinções qualitativas é bem representada por cinco atributos: igual, fraco, forte, muito forte e absoluto. A totalidade requererá nove valores e eles podem ser consecutivos – a escala resultante seria, então, validada na prática, como pode ser observado no Quadro 10.

Quadro 10: Demonstração da comparação de Escala segundo sua intensidade de importância.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Pouco mais importante	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Muito mais importante	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra.
7	Bastante mais importante	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8 Valores recíprocos dos anteriores	Valores intermediários	Também podem ser utilizados

Fonte: Saaty (1991).

Dessa forma, a estruturação da matriz de comparação deve ser composta com os pesos, definidos pelo agente decisor especialista ou equipe multidisciplinar, a partir da avaliação “par a par” da Escala Fundamental de Saaty. Conforme apresentado na Figura 12.

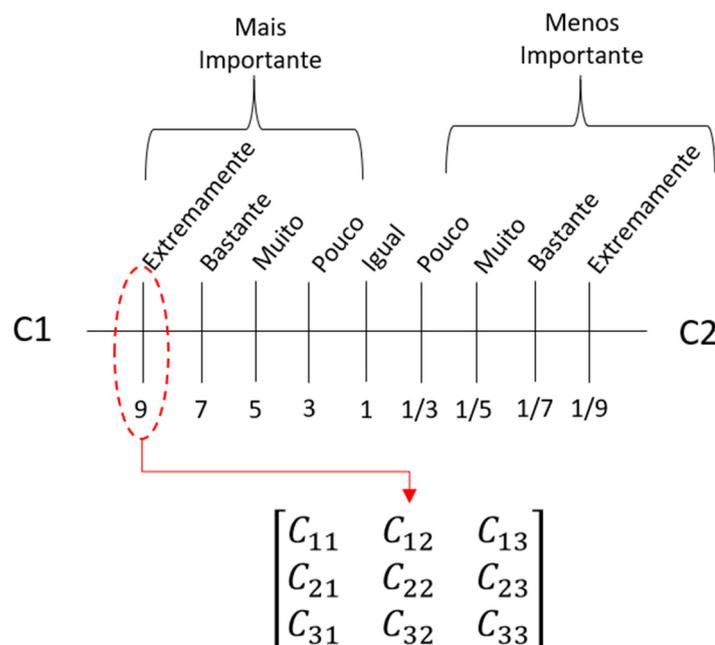


Figura 12: Atribuição de pesos e estruturação de matriz.

3.2.2.3 Cálculo da matriz de comparação do vetor de prioridades

O objetivo do cálculo da matriz de comparação é obter o “auto vetor de prioridades” ou Vetor de Eigen. Segundo Faria & Augusto Filho (2013) o auto vetor determina a participação ou o peso relativo de cada critério no resultado total da meta e corresponde de modo aproximado à média aritmética dos valores de cada um dos critérios. Para obter o Vetor de Eigen, deve-se fazer a normalização da matriz seguindo as etapas:

- a) Somar os valores de cada coluna da matriz pareada

$$C_{ij} = \sum_{i=1}^n C_{ij} \quad (2)$$

- b) Dividir cada elemento da matriz pelo total de suas colunas para gerar uma matriz pareada normalizada.

$$X_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^n C_{ij}} \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

- c) Dividir a soma da coluna normalizada da matriz pelo número de critérios usados (n) para gerar matriz ponderada.

$$W_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n} \begin{bmatrix} W_{11} \\ W_{12} \\ W_{13} \end{bmatrix} \quad (4)$$

3.2.2.4 Análise de sensibilidade

Conforme COSTA (2002), mesmo quando os julgamentos estão fundamentados em normativas, na experiência e conhecimento de especialistas para a formulação de dados critérios, inconsistências podem ocorrer, principalmente quando existir um grande número de julgamentos. Por isso Saaty propôs no método AHP uma avaliação da consistência através da Análise de Sensibilidade, apresentada nas etapas a seguir:

- a) O vetor de consistência é calculado multiplicando a matriz pareada pelo vetor de pesos.

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} W_{11} \\ W_{21} \\ W_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Cv_{11} \\ Cv_{21} \\ Cv_{31} \end{bmatrix} \quad (5)$$

- b) Em seguida, é realizado divisão do vetor da soma ponderada pelo peso do critério.

$$\begin{aligned} Cv_{11} &= \frac{1}{W_{11}} [C_{11} W_{11} + C_{12} W_{21} + C_{13} W_{31}] \\ Cv_{21} &= \frac{1}{W_{21}} [C_{21} W_{11} + C_{22} W_{21} + C_{23} W_{31}] \\ Cv_{31} &= \frac{1}{W_{31}} [C_{31} W_{11} + C_{32} W_{21} + C_{33} W_{31}] \end{aligned} \quad (6)$$

- c) λ é calculado por meio da média do valor do vetor de consistência.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n Cv_{ij} \quad (7)$$

Onde n representa a ordem da matriz

- d) Cálculo do desvio através do Índice de Consistência, ou *Consistency Index* (CI) de Saaty.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (8)$$

- e) Por fim é executado o cálculo da Razão da Consistência ou *Consistency Ratio* (CR) de Saaty, a qual é obtida a partir da razão entre o Índice de Consistência e o Índice de Consistência Aleatória (RI). Neste contexto, o RI foi gerado aleatoriamente a partir de 500 matrizes de comparações de ordem “N”, com elementos aleatoriamente tomados no intervalo de 1 a 10.

Segundo Saaty (1991) quando o CR é superior a 0,1 é necessário reavaliar o processo. Esta afirmação foi feita baseando-se em vários estudos científicos

em que se utilizou o método AHP para a resolução de diferentes tipos de problemas complexos.

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \quad (9)$$

Tabela 1: Tabela de Índices de Consistência Aleatória (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: (SAATY, 2005)

3.2.2.5 Modelo AHP no ambiente SIG

Conforme Raffo (2012), no ambiente do Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o Processo Analítico Hierárquico (AHP) visa atribuir pesos aos diversos mapas temáticos a serem integrados, ponderando às diversas classes temáticas existentes em cada tema cartográfico. Cabe observar que no processo de atribuição de um peso a um mapa ou a uma classe temática, configura-se uma tomada uma decisão.

Com o modelo AHP desenvolvido, no que tange as etapas de definição dos níveis hierárquicos, atribuição de pesos aos critérios, estruturação da matriz de decisão, cálculo da matriz e análise de sensibilidade, pôde-se iniciar a sua modelagem em ambiente SIG. Assim como no modelo Booleano, também foi desenvolvido um *Model Builder* no software ArcGIS para automatização dos processos realizados no modelo AHP.

Seguindo as orientações dos itens 3.2.2.1 e 4.2.3, foram utilizadas as seguintes ferramentas do software ArcGIS, Sendo elas:

- a) Importação das camadas geográficas utilizadas no modelo;
- b) Manipulação das camadas geográficas (ferramentas);
 - a. *Select*: selecionar atributos da tabela;
 - b. *Multiple Ring Buffer*: definir múltiplas definir zona de influência;
 - c. *Clip*: recorte em função da área de estudo;
 - d. *Copy Features*: fazer uma cópia de um *shapefile* para não alterar registros do arquivo original;
 - e. *Erase*: “apagar” área de estudo em função do resultado do item “c”; e
 - f. *Merge*: junção dos itens “c” e “e”.

- c) Inserção dos parâmetros do modelo AHP; e
- a. *Add field*: adicionar campo do tipo *integer* com nome “AnMult”;
 - b. *Calculate field*: calcular campos com resultado das matrizes AHP.
- d) Manipulação com dados Matriciais (*Raster*).
- a. *Feature to raster*: transformação de vetor para matriz;
 - b. *Reclassify*: reclassificação de atributos de um raster em função do resultado das matrizes AHP;
 - c. *Raster Calculator*: *Calculadora de Álgebra de Mapas*.

No Quadro 11, de forma resumida apresentam-se as ferramentas que foram utilizadas nas camadas geográficas para o desenvolvimento do modelo conceitual do AHP no ambiente SIG. O resultado desta etapa caracteriza-se na definição de áreas potenciais para definição de Zonas Industriais, expresso na forma de mapa temático (Mapa de Aptidão de Zonas Industriais).

Quadro 11: Procedimentos realizados nas camadas geográficas – Modelo AHP.

	Aterro Sanitário	APP	Sector Censitário	Pedologia	MDT - Declividade	Contorno Viário	Linha de Distribuição	Hospital	Indústria	Escola	Malha Viária
<i>Select</i>											X
<i>Multiple Ring Buffer</i>	X	X				X	X	X	X	X	X
<i>Clip</i>	X	X				X	X	X	X	X	X
<i>Copy Features</i>			X								
<i>Erase</i>	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Merge</i>	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Add Field</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Calculate Field</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Feature to Raster</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Reclassify</i>					X						
<i>Raster Calculator</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Como representado na Figura 13, foi desenvolvido com o auxílio do ESRI's *Model Builder* o fluxo de trabalho do Modelo AHP proposto. O modelo possui dezessete entradas de dados (*inputs*), representados por círculos azuis escuro; uma variável que define e padroniza o sistema de projeção cartográfica para os processos (*environment settings*) representada por círculo azul claro; cento e quarenta e dois processos (*geoprocessing tools*), representados por retângulos amarelos; e cento e quarenta e duas saídas de dados (*outputs*), representados por

círculos verdes, sendo cento e quarenta e uma intermediárias e uma única caracterizando o resultado final, que se configura como sendo o mapa temático que representa as áreas potenciais ao zoneamento industrial.

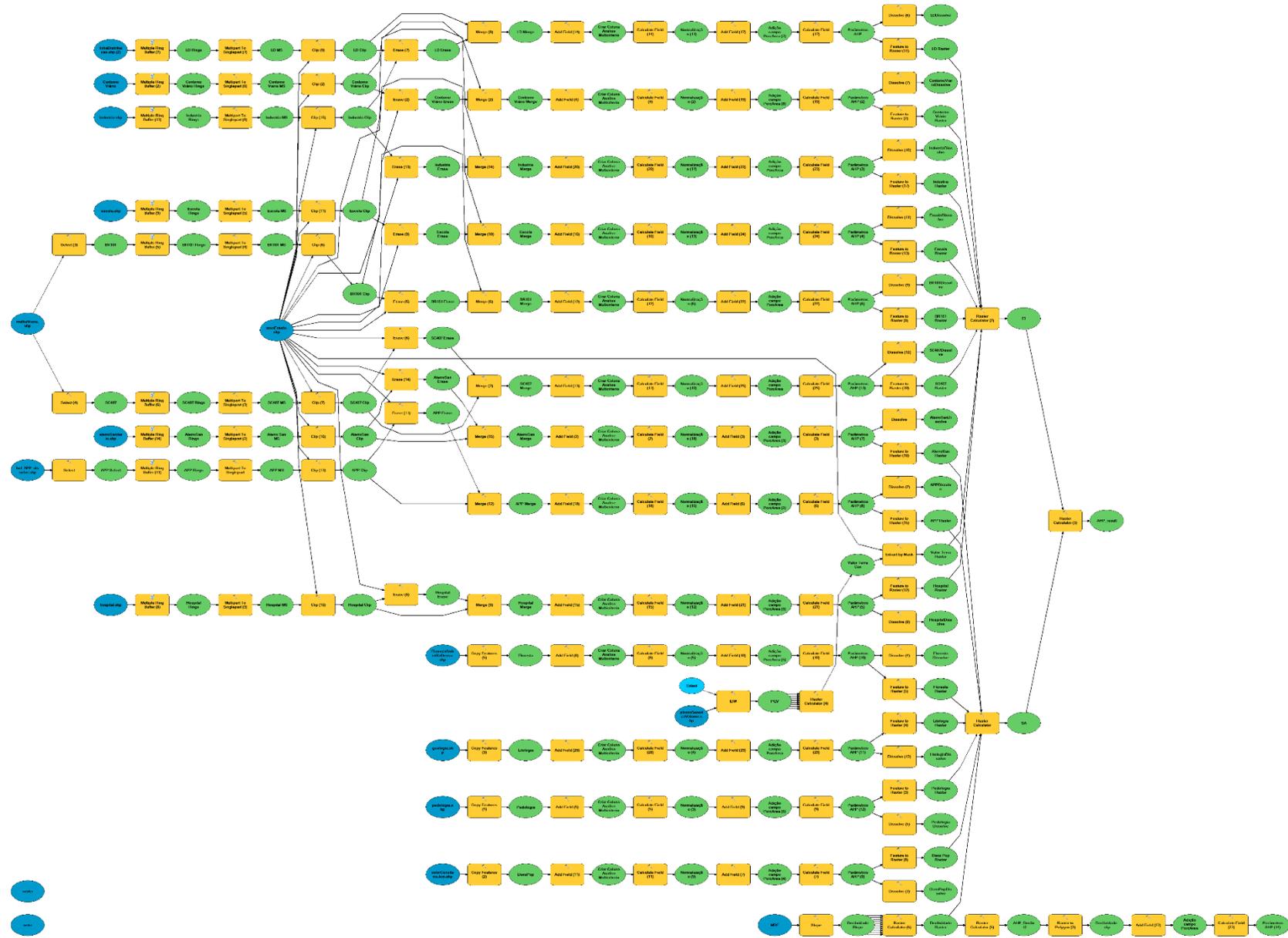


Figura 13: Representação do modelo AHP desenvolvido no *Model Builder* (ArcGIS).

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Como definido no capítulo 3.2, esta pesquisa tem por função através dos modelos Booleano e AHP auxiliar o processo de tomada de decisão, a um primeiro nível de discussão – voltado ao planejamento ou gestão territorial, configurando a definição de potenciais zonas indústrias no Município de Biguaçu - SC. Por isso, neste capítulo são mostrados e analisados os resultados do método proposto.

4.1 MODELO BOOLEANO

4.1.1 Critérios ajustados

Com a definição dos critérios para o modelo Booleano pôde ser iniciado o processo de geração de mapas temáticos booleanos para que ao final dessa primeira etapa do trabalho esteja gerado o mapa temático que apresenta as áreas restritivas, segundo modelo metodológico proposto, para recebimento de zonas industriais.

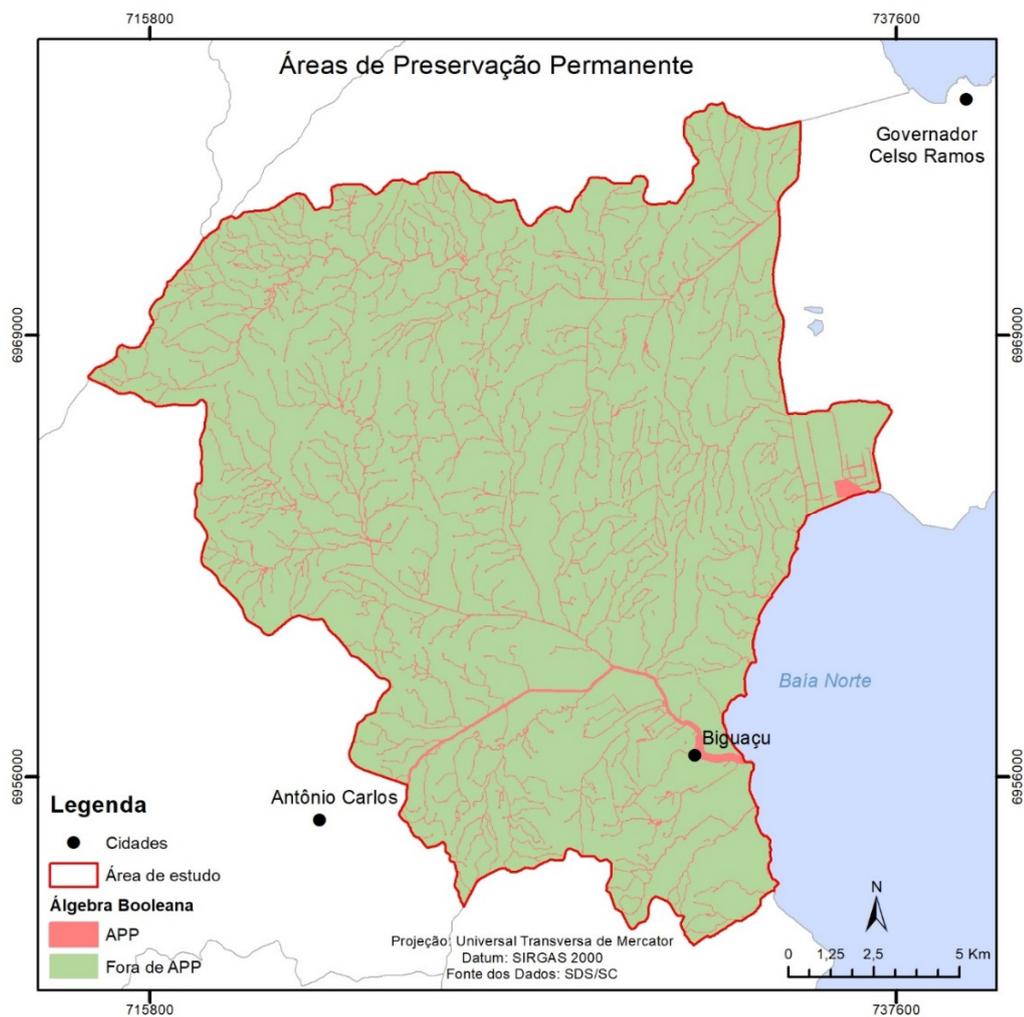
4.1.1.1 Área de Preservação Permanente

Seguindo o que foi proposto no item 3.2.1.1.1 foi elaborado, em forma de mapa temático, o critério de Área de Preservação Permanente para compor o modelo Booleano. Como pode ser visto na Tabela 2, receberam peso “0” as classes que compuseram o critério de APP, sendo elas: margem de rio, nascente de rio, declividade maior que 45°, áreas de manguezais e lagos e lagoas. As áreas externas as áreas de APP receberam o valor “1”.

A partir dos dados levantados, pôde-se concluir que 17,63% da área de estudo é composta por APP, conforme pode ser visualizado no Mapa 3.

Tabela 2: Pesos utilizados para APP.

Critério	Classe	Peso	% na Área de Estudo
APP	Margem de rio	0	17,63
	Nascente de rio		
	Declividade > 45°		
	Manguezais		
	Lagos e Lagoas		
Fora de APP	-	1	82,37



Mapa 3: Área de Preservação Permanente.

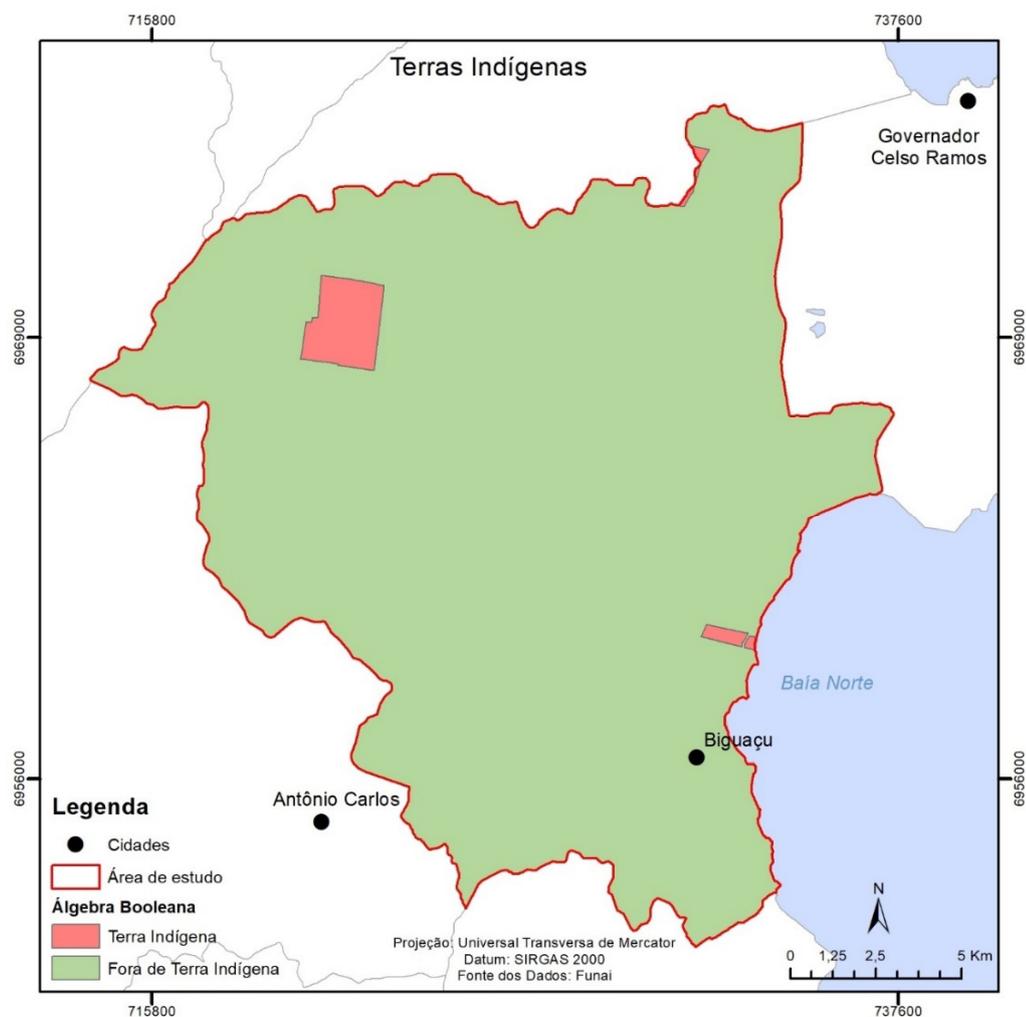
Fonte de dados: Adaptado de SDS/SC.

4.1.1.2 Terra Indígena

Seguindo o que foi proposto no item 3.2.1.1.2 foi elaborado, em forma de mapa temático, o critério de Terra Indígena para compor o modelo Booleano. Como pode ser visto na Tabela 3, receberam peso “0” as unidades de Terra Indígena e “1” as áreas externas as áreas de Terra Indígena. A partir dos dados levantados, pôde-se concluir que 1,83% da área de estudo é composta por Terras Indígenas, conforme pode ser graficamente visualizado no Mapa 4.

Tabela 3: Pesos utilizados para Terra Indígena.

Critério	Peso	% na Área de Estudo
Terra Indígena	0	1,83
Fora de Terra Indígena	1	98,17



Mapa 4: Terras Indígenas.

Fonte de dados: Adaptado de FUNAI.

4.1.1.3 Sítio Arqueológico

Seguindo o que foi proposto no item 3.2.1.1.3 foi elaborado, em forma de mapa temático, o critério de Sítio Arqueológico para compor o modelo Booleano. Como pode ser visto na Tabela 4, receberam peso “0” as unidades de zonas de proteção de Sítios Arqueológicos e “1” as áreas externas a essas zonas. A partir dos dados levantados, pôde-se concluir que 0,015% da área de estudo é composta por zona de proteção de Sítios Arqueológicos, conforme pode ser graficamente visualizado no Mapa 5.

Tabela 4: Pesos utilizados para Sítio Arqueológico.

Critério	Peso	% na Área de Estudo
Sítio Arqueológico	0	0,015
Fora de Sítio Arqueológico	1	99,985



Mapa 5: Zona de Proteção de Sítios Arqueológicos.

Fonte de dados: Adaptado de IPHAN.

4.1.1.4 Setorização de Risco

Seguindo o que foi proposto no item 3.2.1.1.4 foi elaborado, em forma de mapa temático, o critério de Setorização de Risco para compor o modelo Booleano. Como pode ser visto na Tabela 5, receberam peso “0” as classes que compuseram o critério de Setorização de Risco, sendo elas: deslizamento, enchente de alta energia e inundação. Já as áreas externas aos polígonos de setorização de risco receberam o valor “1”.

A partir dos dados levantados, pôde-se concluir que 0,58% da área de estudo é composta por polígonos de setorização de risco, conforme pode ser graficamente visualizado Mapa 6.

Tabela 5: Pesos utilizados para Setorização de Risco.

Critério	Classe	Peso	% na Área de Estudo
Setor de Risco	Deslizamento	0	0,58
	Enchente de alta energia		
	Inundação		
Setor de Risco	-	1	99,42



Mapa 6: Setorização de Risco.

Fonte de dados: Adaptado de CPRM.

4.1.1.5 Área Edificada

Seguindo o que foi proposto no item 3.2.1.1.5 foi elaborado, em forma de mapa temático, o critério de Área Edificada para compor o modelo Booleano. Como pode ser visto na Tabela 6, receberam peso “0” os polígonos que representaram as áreas Edificadas e “1” as áreas externas a esses polígonos. A partir dos dados levantados, pôde-se concluir que 4,23% da área de estudo é composta por polígonos de Área Edificada, conforme pode ser graficamente visualizado no Mapa 7.

Tabela 6: Pesos utilizados para Área Edificada.

Critério	Peso	% na Área de Estudo
Área Edificada	0	4,23
Fora de Área Edificada	1	95,77



Mapa 7: Área de Edificada.

Fonte de dados: Adaptado de Prefeitura de Biguaçu - SC.

4.1.1.6 Faixa de Servidão de Linha de Transmissão

Seguindo o que foi proposto no item 3.2.1.1.6 foi elaborado, em forma de mapa temático, o critério de Faixa de Servidão de Linha de Transmissão para compor o modelo Booleano. Como pode ser visto na Tabela 7, receberam peso “0” as classes que compuseram o critério de Faixa de Servidão de Linha de Transmissão, sendo as LT: 138 kV (raio de 30 metros), 230 kV (raio de 50 metros) e 500 kV (raio de 65 metros). Já as áreas externas as faixas de servidão receberam o valor “1”.

A partir dos dados levantados, pôde-se concluir que 0,86% da área de estudo é composta por polígonos de Faixa de Servidão de Linha de Transmissão, conforme pode ser graficamente visualizado no Mapa 8.

Tabela 7: Pesos utilizados para Faixa de Servidão de LT.

Critério	Classe	Peso	% na Área de Estudo
Faixa de Servidão de LT	138 kV (30 m)	0	0,86
	230 kV (50 m)		
	500 kV (65 m)		
Fora da Faixa de Servidão de LT	-	1	99,14



Mapa 8: Faixa de Servidão de LT.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

4.1.2 Cálculo de Álgebra de Mapas

Para a realização da etapa final do modelo Booleano, que se configura na realização dos cálculos de Álgebra de Mapas, foi desenvolvida a equação do modelo em questão. Essa

equação considera como *input* seis mapas temáticos e por meio da utilização do operador de multiplicação, entre todos os critérios utilizados no Modelo Booleano, gera-se o mapa temático restritivo ao zoneamento (mapa de interesse resultante das interfaces temáticas - permitidas e não permitidas - ao potencial zoneamento de área industrial) no município de Biguaçu. Na equação as camadas foram abreviadas para facilitar a identificação, sendo elas: APP (Área de Preservação Permanente), TI (Terra Indígena), SA (Sítio Arqueológico), SR (Setor de Risco), AE (Área de Edificação) e LT (Linha de Transmissão).

$$B = APP * TI * SA * SR * AE * LT \quad (10)$$

Onde B é Booleano;

APP é Área de Preservação Permanente;

TI é Terra Indígena;

SA é Sítio Arqueológico;

SR é Setor de Risco;

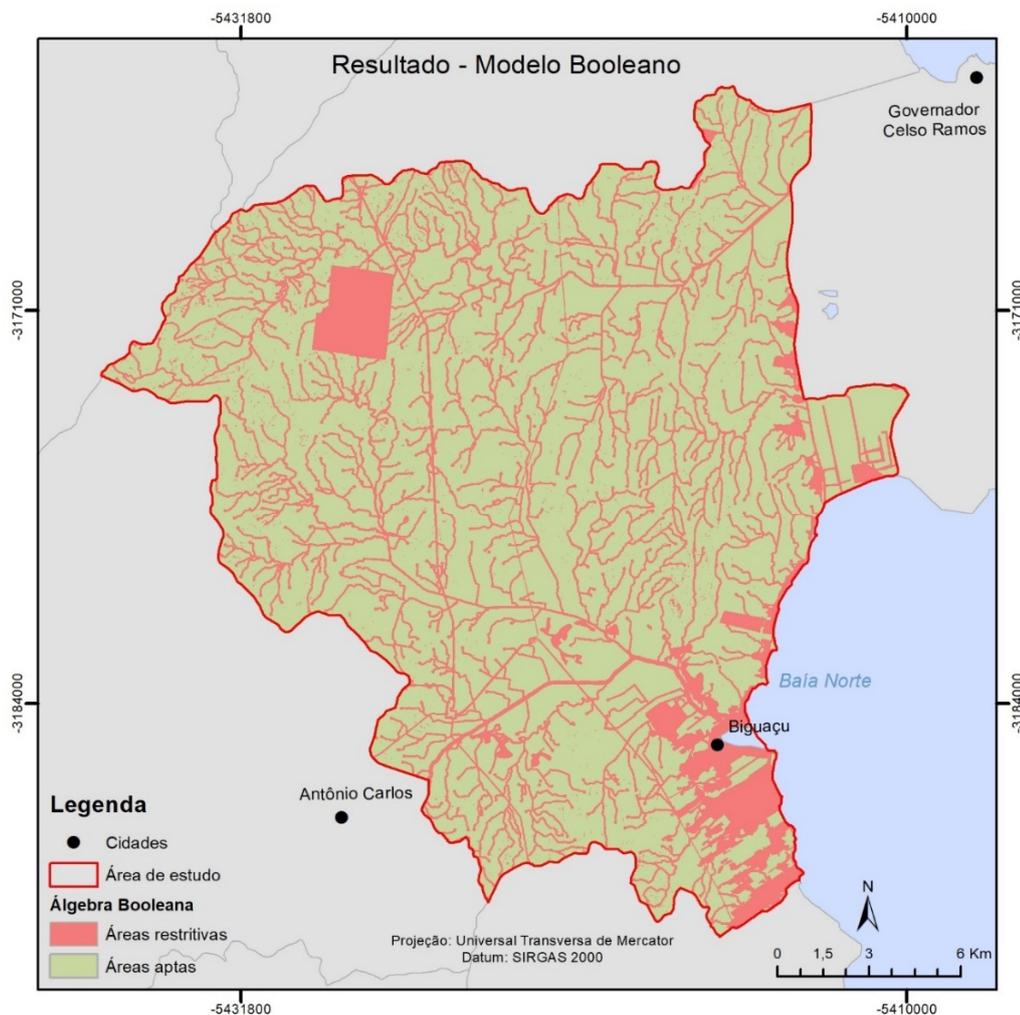
AE é Área Edificada; e

LT é Linha de Transmissão.

Seguindo o que foi proposto na equação (10), foi elaborado, em forma de mapa temático, o resultado do modelo Booleano. Como todos os critérios foram ajustados para o formato Booleano o resultado da equação em cada pixel é necessariamente expresso com os valores 0 ou 1. Como pode ser visto na Tabela 8, pôde-se concluir que 24,01% da área de estudo são restritas ao recebimento de zonas industriais e graficamente representado pelo Mapa 9. Neste contexto as áreas restritivas estão representadas pela cor vermelho e as áreas aptas à ocupação para interesse industrial estão representadas na cor verde.

Tabela 8: Quantificação do resultado do modelo Booleano.

Critério	Peso	% na Área de Estudo
Áreas Restritas	0	23,72
Áreas Aptas	1	76,28



Mapa 9: Resultado do modelo Booleano.

4.2 MODELO AHP

Com a definição das áreas restritivas a recebimento de zonas industriais apresentadas a partir da conclusão do modelo Booleano, se pôde iniciar o modelo AHP que visa identificar as áreas com maior potencialidade a serem definidas como zonas industriais.

Considerando os níveis hierárquicos de avaliação multicritério, já apresentados no item 3.2.2.1, as próximas etapas do método AHP (atribuição de pesos aos critérios e classes, estruturação da matriz de decisão AHP, cálculo da matriz, análise de sensibilidade, priorização das alternativas e classificação dos pesos AHP) foram geradas para todos os níveis hierárquicos do modelo. Partindo-se do pressuposto metodológico da AHP, o qual se torna repetitivo demonstrar analiticamente o desenvolvimento do método para cada condição temática – será adotado apenas um único critério (Valor da terra) extensivo aos demais, nas suas etapas executivas. Para demonstração desse critério, serão adotados cinco classes alternativas que

apresentam as respectivas dimensões, ou seja os respectivos pesos para os critérios: 15 - 50 R\$/m², 50 - 85 R\$/m², 85 - 115 R\$/m², 115 - 175 R\$/m² e 175 - 255 R\$/m².

4.2.1 Atribuição de pesos aos critérios

A atribuição de pesos, a cada item do modelo é feito por meio de uma escala de julgamento (Escala Fundamental de Saaty). Essa escala possui valores de 1 a 9, no qual a análise é efetuada par a par.

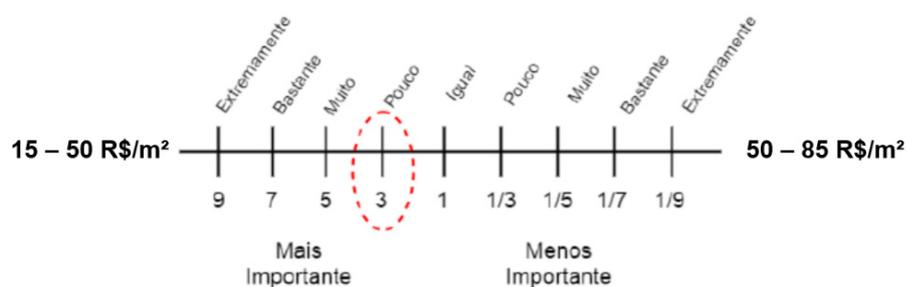


Figura 14: Escala fundamental de Saaty. Comparação par a par de critérios.

4.2.2 Estruturação da matriz de decisão AHP

Após a aplicação da escala fundamental de Saaty para os três níveis hierárquicos do modelo, pôde-se realizar a estruturação da matriz de decisão. Lembrando que sendo o julgamento realizado par a par todas as matrizes do método AHP são de dimensão quadrada, conforme representado na Tabela 9.

Tabela 9: Estruturação da matriz do critério Valor da terra.

<i>FATOR</i>	15 - 50 R\$/m ²	50 - 85 R\$/m ²	85 - 115 R\$/m ²	115 - 175 R\$/m ²	175 - 255 R\$/m ²
15 - 50 R\$/m ²	1	3	5	7	9
50 - 85 R\$/m ²	1/3	1	3	5	7
85 - 115 R\$/m ²	1/5	1/3	1	3	5
115 - 175 R\$/m ²	1/7	1/5	1/3	1	3
175 - 255 R\$/m ²	1/9	1/7	1/5	1/3	1
TOTAL (SOMA)	1,79	4,68	9,53	16,33	25

4.2.3 Cálculo da matriz

Com a realização da estruturação de matrizes, foi iniciado o processo de normalização dos pesos relativos. Para realizar este cálculo, primeiramente é necessário dividir cada célula da matriz com o valor da soma de cada coluna. Por exemplo, na Tabela 9 como a soma das células a^{11} , a^{12} , a^{13} , a^{14} e a^{15} é igual a 1,79 deve ocorrer a operação de divisão dos valores a^{11} , a^{12} , a^{13} , a^{14} e a^{15} pelo valor igual a 1,79. Como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Representação da normalização dos pesos relativos.

FATOR	15 - 50 R\$/m ²	50 - 85 R\$/m ²	85 - 115 R\$/m ²	115 - 175 R\$/m ²	175 - 255 R\$/m ²
15 - 50 R\$/m ²	$1/1,79 = 0,56$	$3/4,68 = 0,64$	$5/9,53 = 0,52$	$7/16,33 = 0,43$	$9/25 = 0,36$
50 - 85 R\$/m ²	$0,33/1,79 = 0,19$	$1/4,68 = 0,21$	$3/9,53 = 0,31$	$5/16,33 = 0,31$	$7/25 = 0,28$
85 - 115 R\$/m ²	$0,20/1,79 = 0,11$	$0,33/4,68 = 0,07$	$1/9,53 = 0,10$	$3/16,33 = 0,18$	$5/25 = 0,20$
115 - 175 R\$/m ²	$0,14/1,79 = 0,08$	$0,20/4,68 = 0,04$	$0,33/9,53 = 0,03$	$1/16,33 = 0,06$	$3/25 = 0,12$
175 - 255 R\$/m ²	$0,11/1,79 = 0,06$	$0,14/4,68 = 0,03$	$0,20/9,53 = 0,02$	$0,33/16,33 = 0,02$	$1/25 = 0,04$

Após realizar a normalização dos pesos relativos, deve ser feito a somatória de cada linha da matriz e em seguida dividir este resultado pelo número da ordem da matriz, ou seja número de critérios avaliados ($(a^{11}+a^{21}+a^{31}+a^{41}+a^{51})/5$). Com isso obteve-se o “Vetor Eigen” ou “Vetor de Prioridade”, o qual tem por função definir o resultado da avaliação AHP. A soma do resultado obtido para cada critério será sempre igual a 1 (ou 100%).

Tabela 11: Cálculo do Vetor Eigen

FATOR	VETOR EIGEN (CÁLCULO)	VETOR EIGEN (RESULTADO)
15 - 50 R\$/m ²	$(0,56+0,64+0,52+0,43+0,36) / 5$	0,503 (50,3%)
50 - 85 R\$/m ²	$(0,19+0,21+0,31+0,31+0,28) / 5$	0,260 (26,0%)
85 - 115 R\$/m ²	$(0,11+0,07+0,10+0,18+0,20) / 5$	0,134 (13,4%)
115 - 175 R\$/m ²	$(0,08+0,04+0,03+0,06+0,12) / 5$	0,068 (6,8%)
175 - 255 R\$/m ²	$(0,06+0,03+0,02+0,02+0,04) / 5$	0,035 (3,5%)

4.2.4 Análise de sensibilidade

Por fim, ainda é necessário realizar o teste de coerência dos pesos, também conhecida como Análise de Sensibilidade. Esta análise é separada em três etapas: Vetor de Consistência

(equações (11 e (12) , Cálculo do Número Principal de Eigen (λ Max) (equação (13), Índice de Inconsistência (CI) e Razão de Consistência (CR).

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1 & 3 & 5 & 7 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/9 & 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,503 \\ 0,260 \\ 0,134 \\ 0,068 \\ 0,035 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,74310 \\ 1,41352 \\ 0,69910 \\ 0,34090 \\ 0,17733 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$Cv_{11} = \frac{2,74310}{0,503} = 5,46$$

$$Cv_{21} = \frac{1,41352}{0,260} = 5,43$$

$$Cv_{31} = \frac{0,69910}{0,134} = 5,20 \quad (12)$$

$$Cv_{41} = \frac{0,34090}{0,068} = 5,03$$

$$Cv_{51} = \frac{0,17733}{0,035} = 5,09$$

$$\lambda = \frac{5,46 + 5,43 + 5,20 + 5,03 + 5,09}{5} = 5,243 \quad (13)$$

Segundo Teknomo (2006), Saaty mostrou que para a matriz recíproca consistente, o maior valor de Eigen é igual ao tamanho da matriz de comparação, ou seja, λ Max = N. Por isso criou uma medida de consistência, chamada de Índice de Consistência como pode ser observado na fórmula nº 14. Para este caso o valor do λ Max é 5,243 e é uma matriz de ordem 5.

$$CI = \frac{\lambda Max - n}{n - 1} = \frac{5,243 - 5}{5 - 1} = 0,0607 \quad (14)$$

Com a obtenção do Índice de Consistência, o modelo AHP ainda propõem a comparação deste valor com um índice de consistência aleatória (RI). Este índice foi gerado aleatoriamente a partir de 500 matrizes de comparações de ordem “N”, com elementos aleatoriamente tomados no intervalo de 1 a 10.

Tabela 12: Tabela de Índices de Consistência Aleatória (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: (SAATY, 2005)

Por fim, a análise de sensibilidade é concluída com a determinação da Razão da Consistência (CR) de Saaty. Essa razão é obtida pela divisão do Índice de Consistência (CI) pelo Índice de Consistência Aleatória (RI), exemplificada na equação (15). Para Saaty, se o valor da Razão da Consistência for igual ou menor que 10%, a inconsistência é aceitável. Para os outros casos é necessário revisar o julgamento da matriz. Para este caso, como pode ser observado o valor da razão foi de 5,4% ou 0,054.

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \sim 10\% \text{ logo } \frac{0,0607}{1,12} = 0,054 \quad (15)$$

Após obtenção do Vetor Eigen (resultado) e posterior validação da análise de sensibilidade, para cada um dos critérios, subcritérios e alternativas pôde-se definir os resultados da análise AHP, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13: Apresentação dos pesos definidos pelo modelo AHP.

Critério	Subcritério	Alternativa	Critério	Subcritério	Alternativa
Socioambiental ($p = 0,667$)	Floresta Ombrófila Densa ($p=0,359$)	Presente ($p = 0,1$)	Econômico / Infraestrutura ($p = 0,333$)	Distância de Hospitais ($p=0,258$)	0 - 200 m ($p = 0,035$)
		Ausente ($p = 0,9$)			200 - 300 m ($p = 0,068$)
	Densidade Populacional ($p = 0,248$)	0 - 1.500 hab/km ² ($p = 0,612$)			300 - 400 m ($p = 0,134$)
		1.500 - 5.000 hab/km ² ($p = 0,167$)			400 - 500 m ($p = 0,260$)
		5.00 - 10.000 hab/km ² ($p = 0,108$)		> 500 m ($p = 0,503$)	
		10.000 - 15.000 hab/km ² ($p = 0,068$)		Distância de Escolas ($p=0,258$)	0 - 200 m ($p = 0,035$)
		15.000 - 30.000 hab/km ² ($p = 0,044$)			200 - 300 m ($p = 0,068$)
	Declividade ($p = 0,172$)	0 - 3% ($p = 0,473$)			300 - 400 m ($p = 0,134$)
		3 - 8% ($p = 0,257$)			400 - 500 m ($p = 0,260$)
		8 - 20% ($p = 0,143$)		> 500 m ($p = 0,503$)	
		20 - 45% ($p = 0,064$)		Proximidade do Contorno Viário ($p=0,258$)	0 - 250 m ($p = 0,437$)
		45 - 75% ($p = 0,031$)			250 - 500 m ($p = 0,286$)
	> 75% ($p = 0,03$)	500 - 1.000 m ($p = 0,172$)			
	Distância de APP ($p = 0,085$)	0 - 50 m ($p = 0,048$)		1.000 - 2.000 m ($p = 0,072$)	
		50 - 100 m ($p = 0,108$)		> 2.000 m ($p = 0,034$)	
		100 - 200 m ($p = 0,259$)		Proximidade da SC407 ($p=0,258$)	0 - 250 m ($p = 0,437$)
		> 200 m ($p = 0,585$)			250 - 500 m ($p = 0,286$)
	Pedologia ($p = 0,056$)	Argissolo Vermelho-Amarelo ($p = 0,372$)			500 - 1.000 m ($p = 0,172$)
		Cambissolo Háplico ($p = 0,372$)			1.000 - 2.000 m ($p = 0,072$)
		Gleissolo Háplico ($p = 0,037$)		> 2.000 m ($p = 0,034$)	
		Neossolo Quartzarenico ($p = 0,219$)		Valor da terra ($p=0,258$)	15 - 50 R\$/m ² ($p = 0,503$)
	Litologia ($p = 0,056$)	Areia e Argila ($p = 0,027$)			50 - 85 R\$/m ² ($p = 0,260$)
		Granito ($p = 0,243$)			85 - 115 R\$/m ² ($p = 0,134$)
Ortognaisse ($p = 0,243$)		115 - 175 R\$/m ² ($p = 0,068$)			
Sienogranito ($p = 0,243$)		175 - 255 R\$/m ² ($p = 0,035$)			
Monzogranito, Ortognaisse e Granodiorítico ($p = 0,243$)		Proximidade de Indústrias ($p=0,258$)	0 - 50 m ($p = 0,585$)		
Distância de Aterro Sanitário ($p = 0,023$)	0 - 250 m ($p = 0,035$)		50 - 100 m ($p = 0,259$)		
	250 - 500 m ($p = 0,068$)		100 - 200 m ($p = 0,108$)		
	500 - 1.000 m ($p = 0,134$)	> 200 m ($p = 0,048$)			
	1.000 - 2.000 m ($p = 0,260$)	Proximidade da BR101 ($p=0,258$)	0 - 250 m ($p = 0,437$)		
> 2.000 m ($p = 0,503$)	250 - 500 m ($p = 0,286$)				
Proximidade de Linha de Distribuição ($p=0,258$)	500 - 1.000 m ($p = 0,172$)		50 - 100 m ($p = 0,260$)		
	1.000 - 2.000 m ($p = 0,072$)		100 - 250 m ($p = 0,134$)		
	> 2.000 m ($p = 0,034$)	250 - 500 m ($p = 0,068$)			
		> 500 m ($p = 0,035$)			

4.2.5 Critérios do modelo AHP

Para a avaliação hierárquica de primeiro nível, foi feita a avaliação dos critérios “Socioambientais” e “Econômicos/Infraestrutura”, sendo assim, a avaliação AHP resultou por meio do vetor de Eigen os pesos de 0,335 para o primeiro nível e 0,665 para o segundo nível, conforme sinalizado na Tabela 14. Ressalta-se que para o modelo AHP não são consideradas questões legais, essas análises são feitas dentro do modelo Booleano.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Entretanto como essa matriz é de segunda ordem, para qualquer peso aplicado nas alternativas, o lambda máximo (λ Max) receberia o valor “2”. Por consequência, o Índice de Consistência também é zerado e o índice de Consistência Aleatório (RI), definido por Saaty também recebe o valor “0”. Com isso a Razão da Consistência (CR) recebe o valor “0” e atende ao critério em que deve ser igual ou menor que 10%.

A definição dos pesos segue uma percepção do decisor a qual pode variar segundo a sua formação profissional, experiência na área de atuação e outros fatores que trazem um envolvimento direto ou indireto do decisor com o tema. Nesse sentido, as tabelas contidas no item 4.2.5 refletem a realidade de relevância dos subcritérios socioambiental e econômico/infraestrutura presente no município e definidos pelo decisor, podendo obter pequenas alterações por outro especialista que analise o mesmo cenário. Os apêndices A, B, C e D refletem por meio das matrizes de decisão os julgamentos, e por tanto os pesos atribuídos a cada fator segundo a percepção do decisor.

Tabela 14: Pesos utilizados para os critérios do modelo AHP.

Critérios		Peso	
Socioambientais		0,335	
Econômicos/Infraestrutura		0,665	
λ Max = 2,0000	CI = 0,0000	RI = 0,00	CR = 0,0000

4.2.5.1 Critério: Socioambiental

Todos os subcritérios socioambientais são considerados importantes como elementos facilitadores de decisão na identificação das áreas possíveis a recebimento de indústria. A análise par à par e consequente cálculo de matrizes, revelou por meio do vetor de Eigen os pesos dos subcritérios socioambientais, os quais podem ser vistos na Tabela 15. Para este modelo foi

definido que as áreas com presença de Floresta Ombrófila Densa, vegetação característica do município de Biguaçu fosse a mais relevante já a distância do Aterro Sanitário configura-se como sendo a de menor importância.

Após a definição dos pesos o procedimento de análise de sensibilidade foi aplicado, tendo sido o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “7,2809” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0468” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty igual ao valor de “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR) calculado foi de “0,0355” e atendeu ao critério do limiar, em ser igual ou menor que 10%.

Tabela 15: Pesos utilizados para os subcritérios Socioambientais.

Subcritérios	Peso
Floresta Ombrófila Densa	0,359
Densidade Populacional	0,248
Declividade	0,172
Distância de APP	0,085
Pedologia	0,056
Litologia.	0,056
Distância de Aterro Sanitário	0,023
λ Max = 7,2809	CI = 0,0468
RI = 1,32	CR = 0,0355

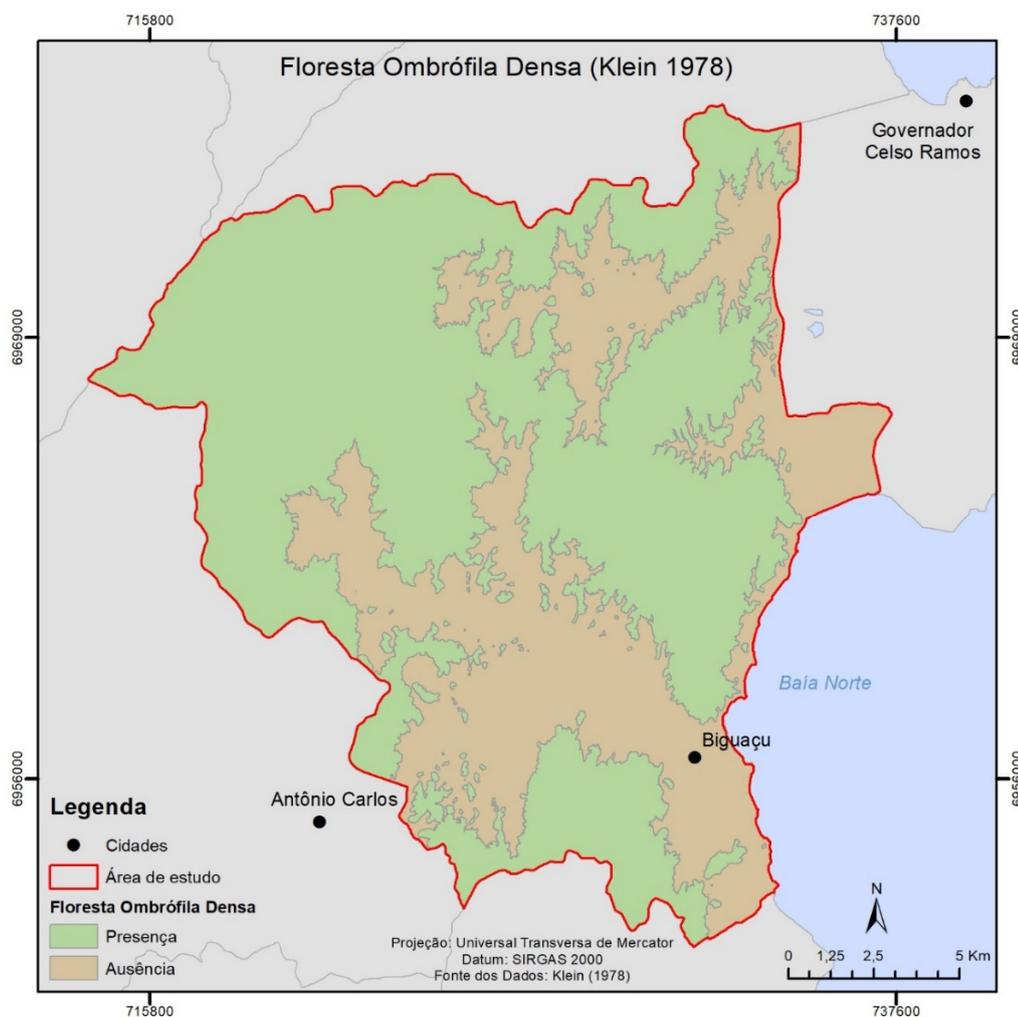
4.2.5.1.1 **Subcritério: Floresta Ombrófila Densa**

Com a espacialização do subcritério de Floresta Ombrófila Densa ou Floresta de Encosta Atlântica (Klein, 1978), foi possível mensurar que ela está presente em 64,33% da área de estudo. Devido a essa área possuir vegetação densa, diversificada, preservada e de encosta foi definido o peso mínimo (0,1) quando a floresta estivesse presente e máxima (0,9) quando ausente, conforme apresentado na Tabela 16.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Entretanto como essa matriz é de segunda ordem, para qualquer peso aplicado nas alternativas, o lambda máximo (λ Max) receberia o valor “2”. Por consequência, o Índice de Consistência fica zerado e o índice de Consistência Aleatório (RI), definido por Saaty também recebe o valor “0”. Com isso a Razão da Consistência (CR) recebe o valor “0” e atende ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 16: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Floresta Ombrófila Densa.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
Presente	0,1	64,33	
Ausente	0,9	35,67	
λ Max = 2,0000	CI = 0,0000	RI = 0,00	CR = 0,0000



Mapa 10: Floresta Ombrófila Densa.

Fonte de dados: Adaptado de Klein 1978.

4.2.5.1.2 Subcritério: Densidade Populacional

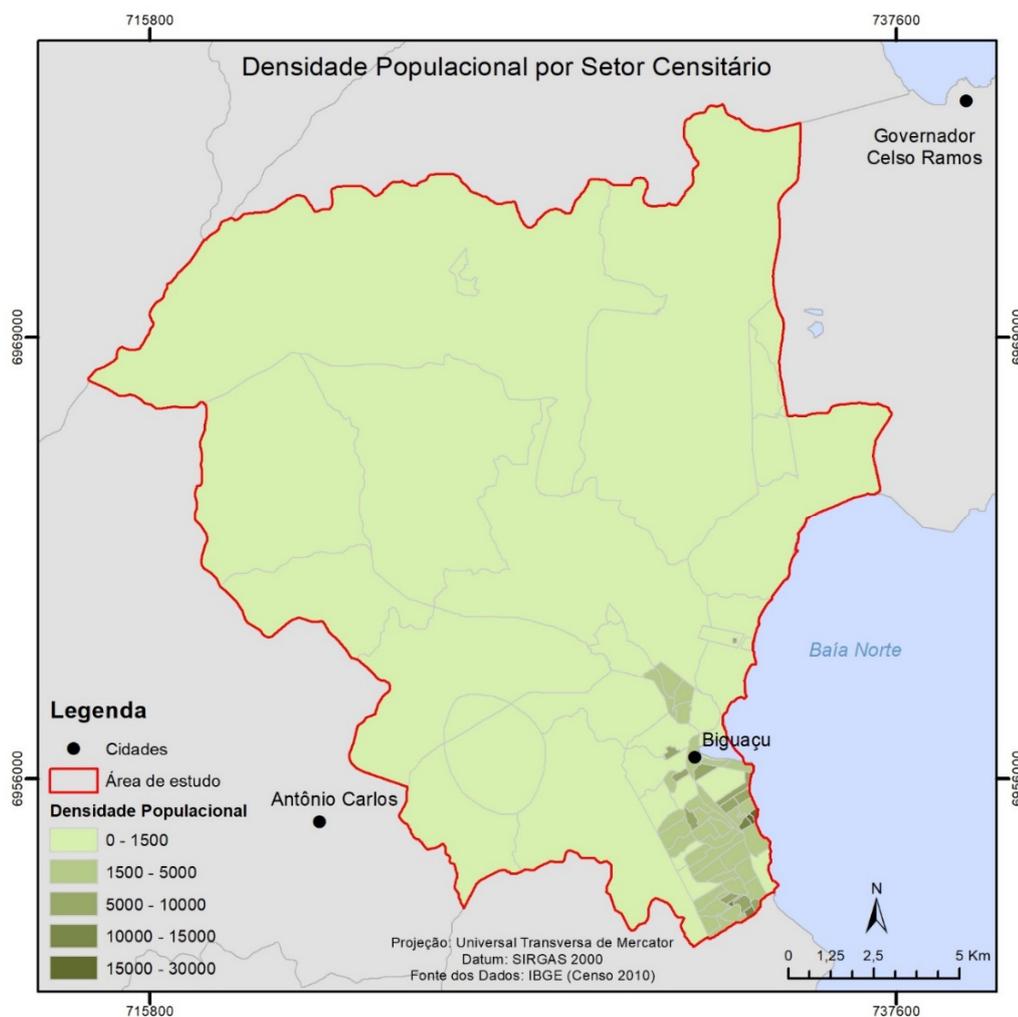
É claro o conflito de interesses entre uma zona residencial e industrial, dessa forma para este modelo foi definido que locais de baixa densidade populacional apresentam maiores aptidões para recebimento de novas zonas industriais. O município de Biguaçu tem por característica possuir a área de urbanização mais densa ao longo da rodovia BR-101, entretanto

como é possível observar na Mapa 11 e Tabela 17 a alternativa de menor densidade (0 – 1.500 hab/km²) é a que representa a maior porcentagem na área de estudo.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,1542” e o Índice de Consistência em “0,0386”, tem-se que o índice de Consistência Aleatório (RI), definido por Saaty, recebeu o valor de “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR) determinada pela equação (15) foi de “0,0344” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 17: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Densidade Populacional.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 1.500 hab/km ²	0,612	95,87	
1.500 - 5.000 hab/km ²	0,167	3,60	
5.000 - 10.000 hab/km ²	0,108	0,44	
10.000 - 15.000 hab/km ²	0,068	0,06	
15.000 - 30.000 hab/km ²	0,044	0,03	
λ Max = 5,1542	CI = 0,0386	RI = 1,12	CR = 0,0344



Mapa 11: Densidade Populacional por Setor Censitário.

Fonte de dados: Adaptado de Censo 2010 do IBGE.

4.2.5.1.3 *Subcritério: Declividade*

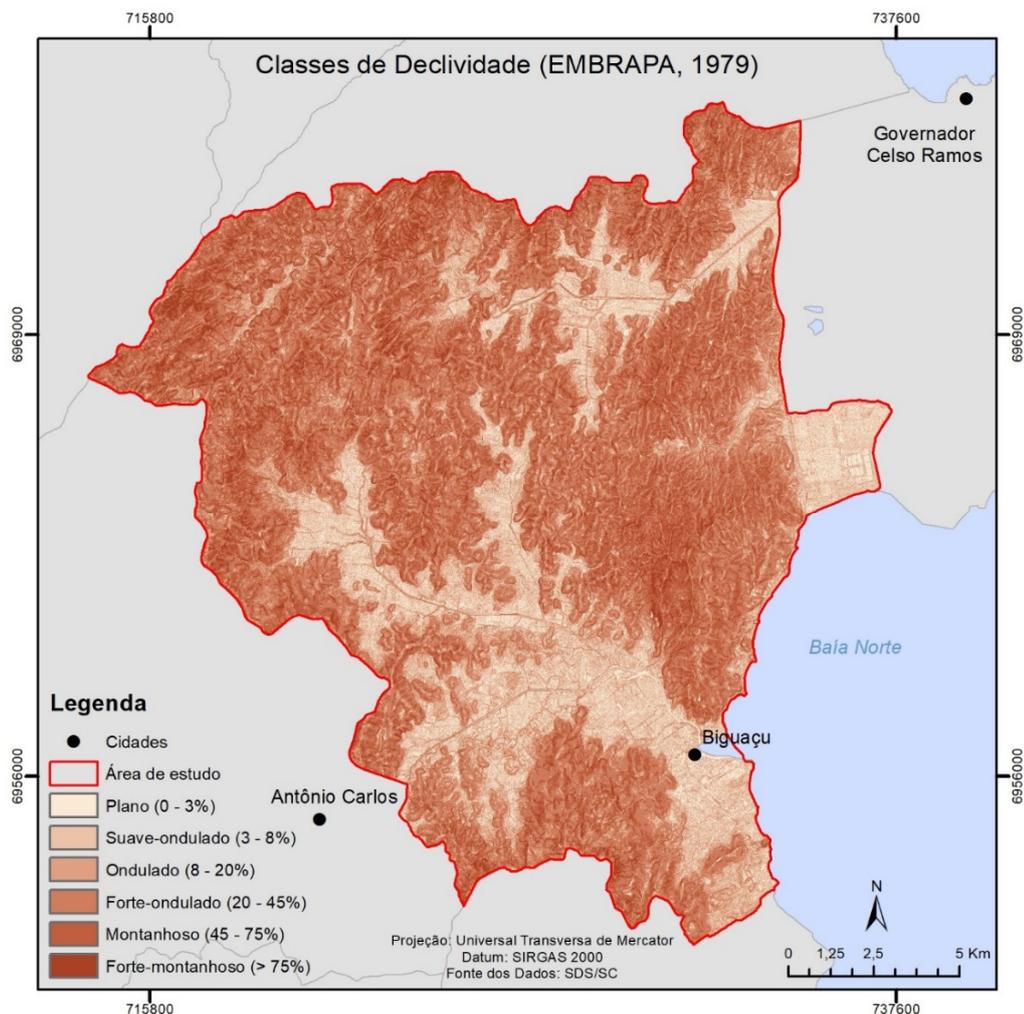
O relevo também é um critério de importância significativa para definição de zonas industriais, visto que de forma geral, esse setor necessita de áreas amplas e planas. É sabido que técnicas específicas de engenharia podem ser aplicadas no relevo, como a terraplenagem, porém considerando um elevado custo de intervenção. Dessa forma, seguindo as classes definidas pela Embrapa (1979), quanto mais plana a área maior se caracteriza o peso. Entretanto como é possível observar na Tabela 18 e Mapa 12, a alternativa “Forte-ondulado” é a que possui maior porcentagem na área de estudo (34,98%).

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “6,5324” e por consequência o Índice de Consistência em “0,1065” e o índice de Consistência Aleatório (RI), que é definido por Saaty em “1,24”.

Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), foi de “0,0859” e atendeu ao critério no qual deve ser igual ou menor que 10%.

Tabela 18: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Declividade.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
Plano 0 - 3%	0,473	7,09	
Suave-ondulado 3 - 8%	0,257	12,59	
Ondulado 8 - 20%	0,143	15,58	
Forte-ondulado 20 - 45%	0,064	34,98	
Montanhoso 45 - 75%	0,031	24,99	
Forte-montanhoso > 75%	0,03	4,77	
λ Max = 6,5324	CI = 0,1065	RI = 1,24	CR = 0,0859



Mapa 12: Declividade.

Fonte de dados: Adaptado do MDT da SDS/SC.

4.2.5.1.4 *Subcritério: Distância da APP*

Como já citado no capítulo 3, esse subcritério considera distâncias de APP e não a avaliação de questões legais como é tratado no item 3.2.1.1.1. Apesar de já estar fora de áreas protegidas, entende-se que quanto mais afastado as zonas industriais estiverem dos recursos naturais a serem preservados, menor será o risco de acidente ambiental, por isso distâncias maiores desempenham um peso maior na modelagem conceitual. No contexto da determinação de áreas de APP no município, cujas distâncias acima de 200m das feições mapeadas – as quais representam objeto de maior interesse e representatividade para o tema de implantação de zonas industriais – constatou-se o percentual de 4,57.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “4,0821” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0274” e o índice de Consistência Aleatório (RI), definido por Saaty recebeu o valor “0,90”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0304” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 19: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Distância de APP.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo
0 - 50 m	0,048	53,54
50 - 100 m	0,108	24,82
100 - 200 m	0,259	17,07
> 200 m	0,585	4,57
λ Max = 4,0821	CI = 0,0274	RI = 0,90
		CR = 0,0304



Mapa 13: Distância de APP.

Fonte de dados: Adaptado da SDS/SC.

4.2.5.1.5 *Subcritério: Pedologia*

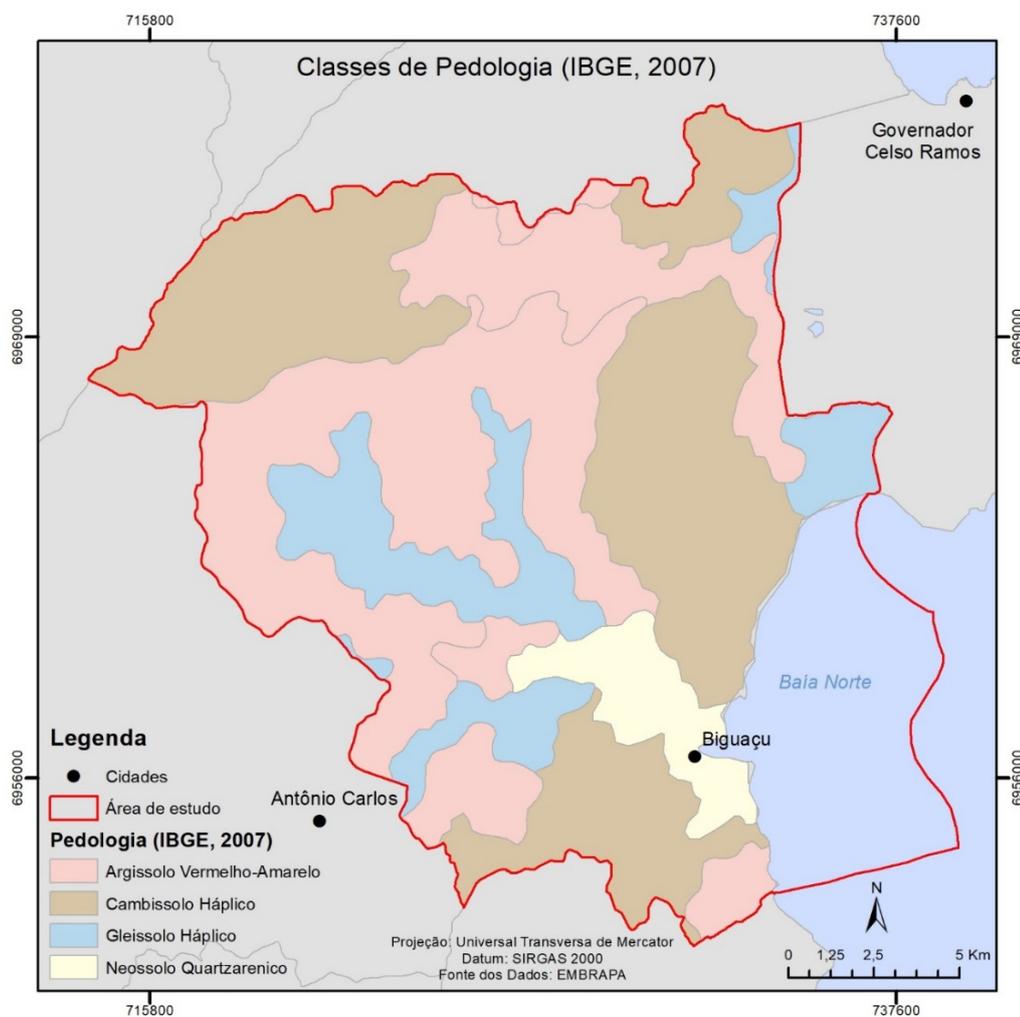
A identificação das classes pedológicas na área de estudo é de extrema relevância para que possam ser identificadas as regiões com solo propício, direcionadas às construções de unidades industriais. Para este modelo foi definido o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Cambissolo Háplico como os de maiores aptidões, além disso são os que possuem maiores porcentagem na área de estudo, respectivamente (40,37%) e (39,82%) como é possível observar na Tabela 20 e Mapa 14.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “4,0420” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0140” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor

“0,90”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0155” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 20: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Pedologia.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,372	40,37	
Cambissolo Háptico	0,372	39,82	
Gleissolo Háptico	0,037	14,31	
Neossolo Quartzarenico	0,219	5,50	
λ Max = 4,0420	CI = 0,0140	RI = 0,90	CR = 0,0155



Mapa 14: Pedologia.

Fonte de dados: Adaptado de EMBRAPA.

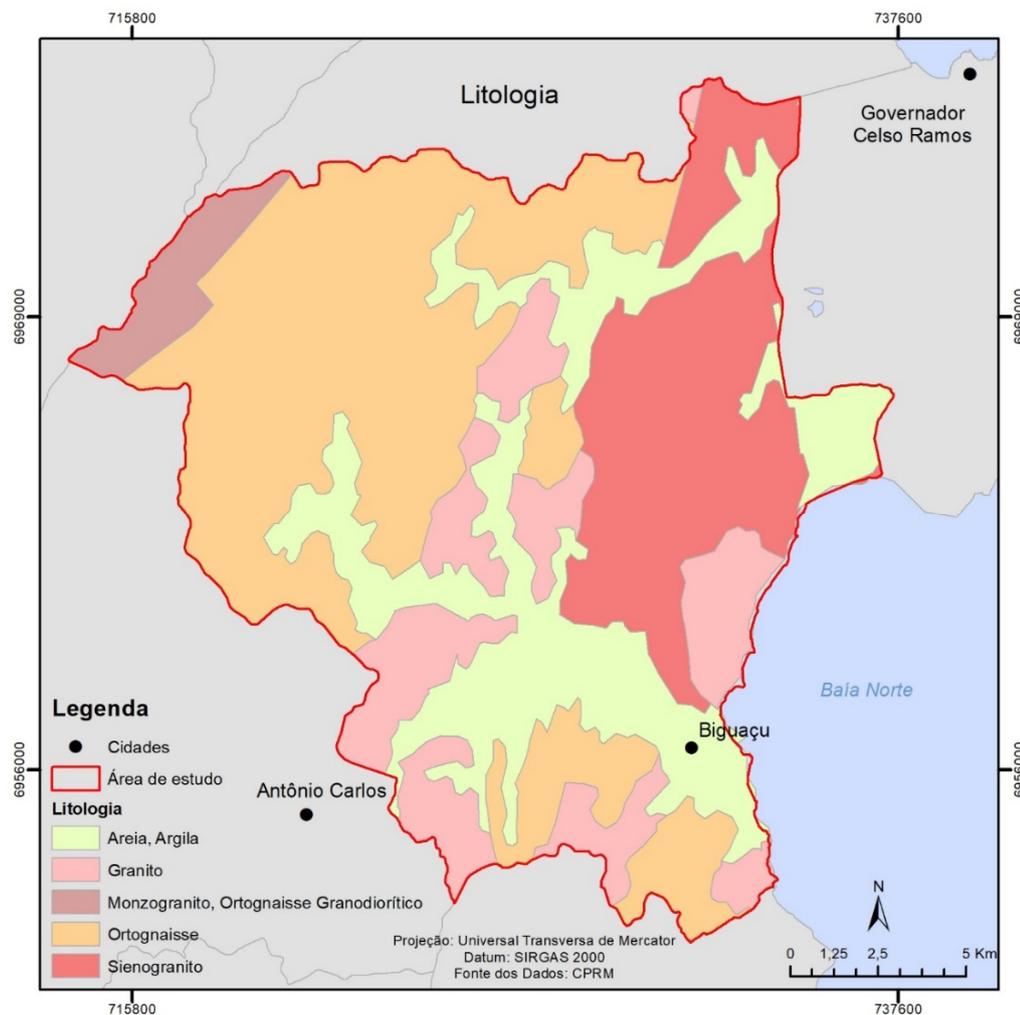
4.2.5.1.6 *Subcritério: Litologia*

Assim como a pedologia, a identificação das classes litológicas na área de estudo também é importante para que possam ser identificadas regiões com rocha propícias à construção de unidades industriais. Para este modelo foi definido que apenas a alternativa “areia e argila” recebe um peso diferenciado e nesse caso o peso mais baixo do subcritério. O Ortognaisse é a classe com maior representatividade na área de estudo, totalizando 38,41%, como é possível observar na Tabela 21 e Mapa 15..

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,0000” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0000” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0000” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 21: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Litologia.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo
Areia e Argila	0,027	22,92
Granito	0,243	15,82
Ortognaisse	0,243	38,41
Sienogranito	0,243	19,52
Monzogranito, Ortognaisse Granodiorítico	0,243	3,33
λ Max = 5,0000	CI = 0,0000	RI = 1,12
		CR = 0,0000



Mapa 15: Litologia.

Fonte de dados: Adaptado de CPRM.

4.2.5.1.7 *Subcritério: Distância de Aterro Sanitário*

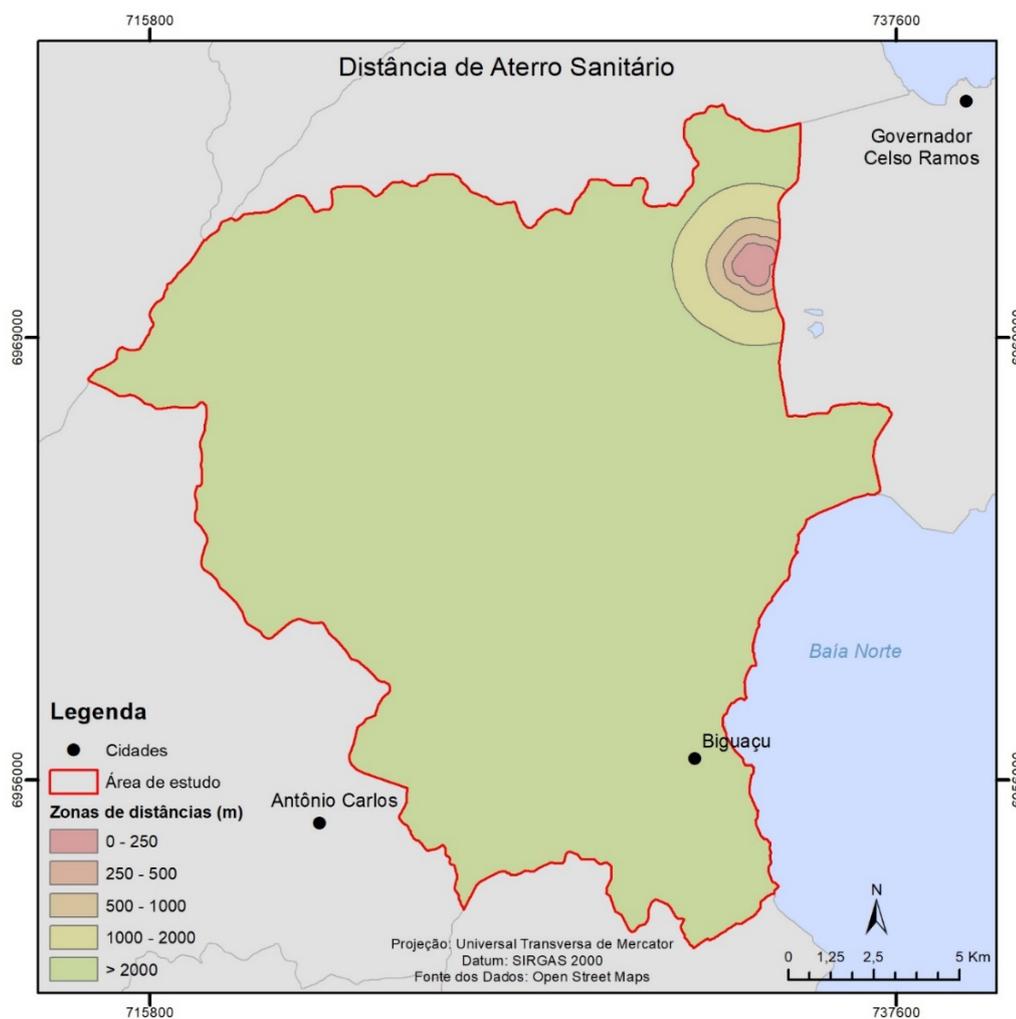
Apesar de ter sido considerado o subcritério de menor relevância ao grupo do critério socioambiental, existem razões para a definição de zonas industriais distantes de aterros sanitários, como citados no item 3.2.2.1.1.7. Dessa forma, foi considerado que quanto maior a distância do aterro para a localização da zona industrial, maior será o respectivo peso associado. Portanto, a zona industrial estar localizada a uma distância maior que 2.000 metros do aterro - além de ser a alternativa com o peso mais relevante possui também maior predominância na área de estudo, respectivamente igual a 96,22%, conforme Tabela 22 e Mapa 16.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,2426” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0607” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor

“1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0542” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 22: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Aterro Sanitário.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 250 m	0,035	0,36	
250 - 500 m	0,068	0,31	
500 - 1.000 m	0,134	0,77	
1.000 - 2.000 m	0,260	2,34	
> 2.000 m	0,503	96,22	
$\lambda_{\text{Max}} = 5,2426$	CI = 0,0607	RI = 1,12	CR = 0,0542



Mapa 16: Distância de Aterro Sanitário.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

4.2.5.2 Critérios Econômicos e de Infraestrutura ajustados

Todos os subcritérios Econômicos e de Infraestrutura são considerados importantes como elementos facilitadores de decisão na identificação das áreas possíveis ao recebimento da zona industrial. Aplicando-se o método AHP, por meio da análise paritária e consequentemente execução do cálculo matricial, que resultou no vetor de Eigen definindo os pesos dos subcritérios, como pode ser visto na Tabela 23. Para este modelo foi considerado que os subcritérios de distâncias de Escolas e Hospitais se traduzem como sendo os mais relevantes para o modelo.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “8,2322” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0332” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,41”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0235” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 23: Pesos utilizados para os subcritérios Econômico/Infraestrutura.

Subcritérios	Peso
Distância de Escola	0,258
Distância de Hospitais	0,258
Proximidade do C.V.	0,169
Proximidade de SC407	0,169
Valor da Terra	0,060
Proximidade de Indústrias e Transportadoras	0,04
Proximidade de BR101	0,03
Proximidade de Linha de Distribuição	0,02
λ Max = 8,2322	CI = 0,0332
RI = 1,41	CR = 0,0235

4.2.5.2.1 *Subcritério: Distância de Escolas*

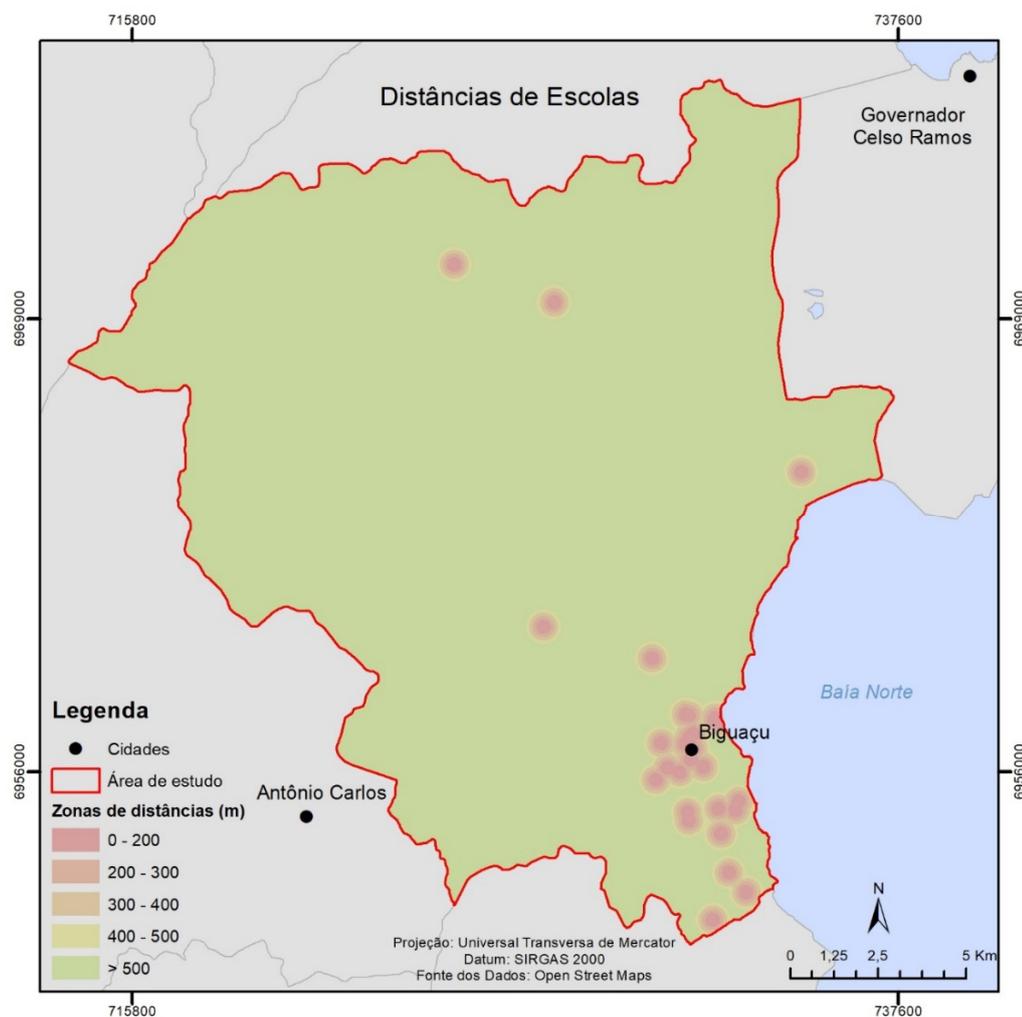
Como apresentado no item 3.2.2.1.2.1, existem vários motivos para que as zonas industriais não sejam definidas próximo a áreas escolares. Dessa forma, conforme apresentado na Tabela 24 e Mapa 17, a partir das unidades escolares foram determinados cinco raios concêntricos de distâncias do objeto (escola), sendo que quanto maior fosse essa distância maior seria o peso referenciado. A área determinada além das distâncias de 500 metros a partir de

cada objeto escola recebeu o maior peso, uma vez que se caracteriza como área de maior interesse e menor interferência nas atividades escolares – sendo sua extensão na área de estudo de aproximadamente 95,61% e conseqüentemente de maior peso (significância).

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,2426” e por conseqüência o Índice de Consistência em “0,0607” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0542” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 24: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Distância de Escolas.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo
0 - 200 m	0,035	0,98
200 - 300 m	0,068	1,01
300 - 400 m	0,134	1,19
400 - 500 m	0,260	1,21
> 500 m	0,503	95,61
λ Max = 5,2426	CI = 0,0607	RI = 1,12
		CR = 0,0542



Mapa 17: Distância de Escolas.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

4.2.5.2.2 *Subcritério: Distância de Hospitais*

Assim como nas áreas escolares e como também apresentado no item 3.2.2.1.2.2, existem vários motivos para que as zonas industriais não sejam definidas próximo a hospitais. Dessa forma, conforme apresentado na Tabela 25 e Mapa 18, a partir da localização dos hospitais foram determinados cinco raios concêntricos de mesma equidistância distância sendo que quanto maior fosse a distância maior seria o peso referenciado. Essa lógica foi estabelecida por considerar apropriada as áreas com distância acima de 500m para definição de zona industrial e, portanto, se caracterizando a maior área disponível no município. Neste contexto, a última zona (maior que 500 metros) além de ter o maior peso, possui 97,91% da área de estudo.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,2426” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0607” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0542” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 25: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Distância de Hospitais.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 200 m	0,035	0,35	
200 - 300 m	0,068	0,42	
300 - 400 m	0,134	0,59	
400 - 500 m	0,260	0,73	
> 500 m	0,503	97,91	
λ Max = 5,2426	CI = 0,0607	RI = 1,12	CR = 0,0542



Mapa 18: Distância de Hospitais.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

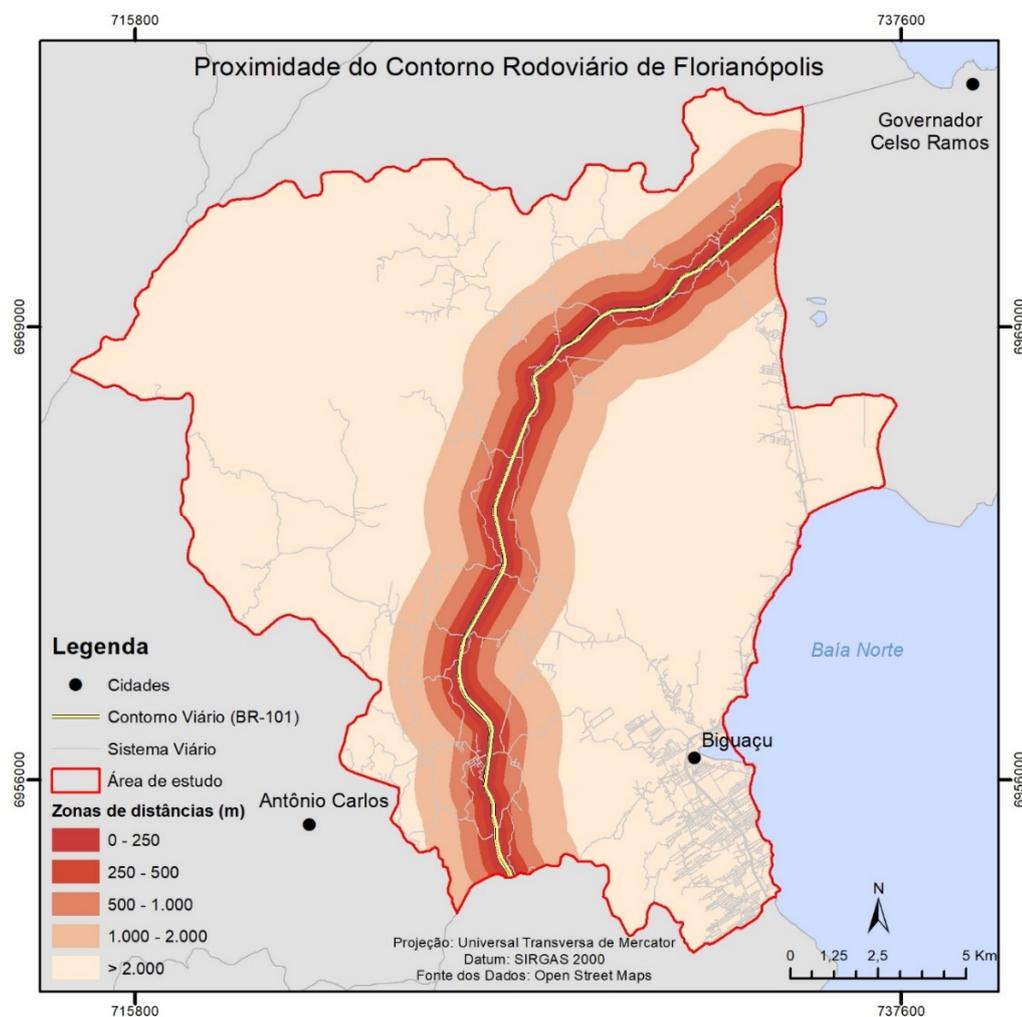
4.2.5.2.3 *Subcritério: Proximidade do Contorno Rodoviário de Florianópolis*

O contorno rodoviário de Florianópolis ainda não está finalizado, entretanto após a sua conclusão terá por função desviar o fluxo de quem segue viagem pela rodovia BR-101. Por ser uma área de grande especulação econômica empresarial e por correlação industrial, conclui-se que estar próximo do eixo dessa nova rodovia é favorável à definição de zona industrial. Dessa forma, foram definidas cinco zonas de distâncias a partir do contorno viário, sendo a zona de “0 – 250 m” a de maior interesse, porém a de menor presença da área de estudo (4,06%), conforme Tabela 26 e Mapa 19.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,1044” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0261” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0233” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 26: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Proximidade do Contorno Viário.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 250 m	0,437	4,06	
250 - 500 m	0,286	3,79	
500 - 1.000 m	0,172	7,61	
1.000 - 2.000 m	0,072	15,05	
> 2.000 m	0,034	69,49	
λ Max = 5,1044	CI = 0,0261	RI = 1,12	CR = 0,0233



Mapa 19: Proximidade do Contorno Rodoviário de Florianópolis.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

4.2.5.2.4 *Subcritério: Proximidade da Rodovia SC-407*

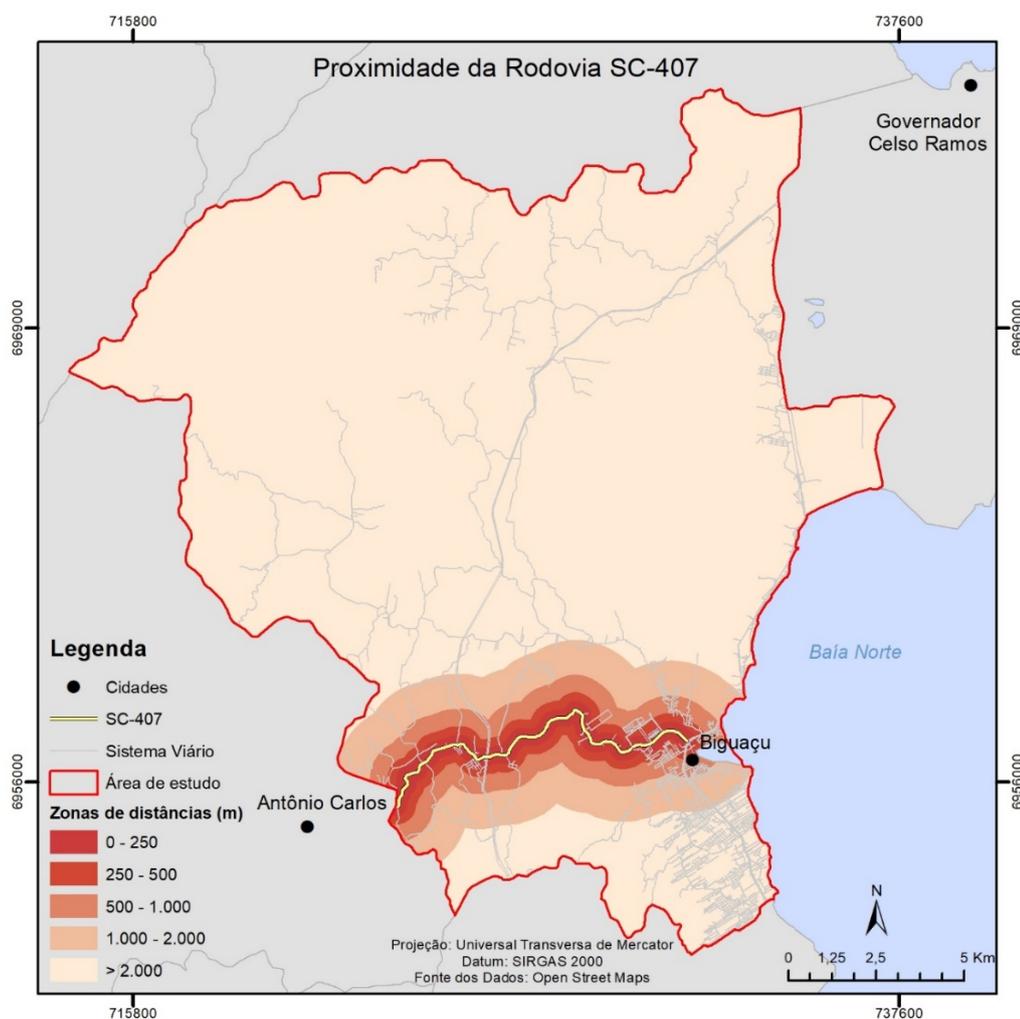
A rodovia SC-407 atualmente é a segunda rodovia de maior importância para o município de Biguaçu, pois além de dar acesso as áreas de indústrias e agricultura do próprio município, também faz ligação com o município de Antônio Carlos, o qual também terá acesso ao contorno rodoviário. Neste cenário, conclui-se que estar próximo ao eixo da rodovia SC-407 é interessante para definição de zona industrial pela facilidade de acesso e potencial escoamento de produtos. Dessa forma, como pode ser visto na Tabela 27 e Mapa 20, foram definidas cinco zonas de distâncias a partir da rodovia SC-407, sendo a zona de “0 – 250 m” a de maior interesse, porém a de menor presença da área de estudo (1,80%).

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,1044” e por consequência o Índice de Consistência

em “0,0261” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0233” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 27: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Proximidade da SC-407.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 250 m	0,437	1,80	
250 - 500 m	0,286	1,82	
500 - 1.000 m	0,172	3,70	
1.000 - 2.000 m	0,072	7,35	
> 2.000 m	0,034	85,33	
λ Max = 5,1044	CI = 0,0261	RI = 1,12	CR = 0,0233



Mapa 20: Proximidade da Rodovia SC-407.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

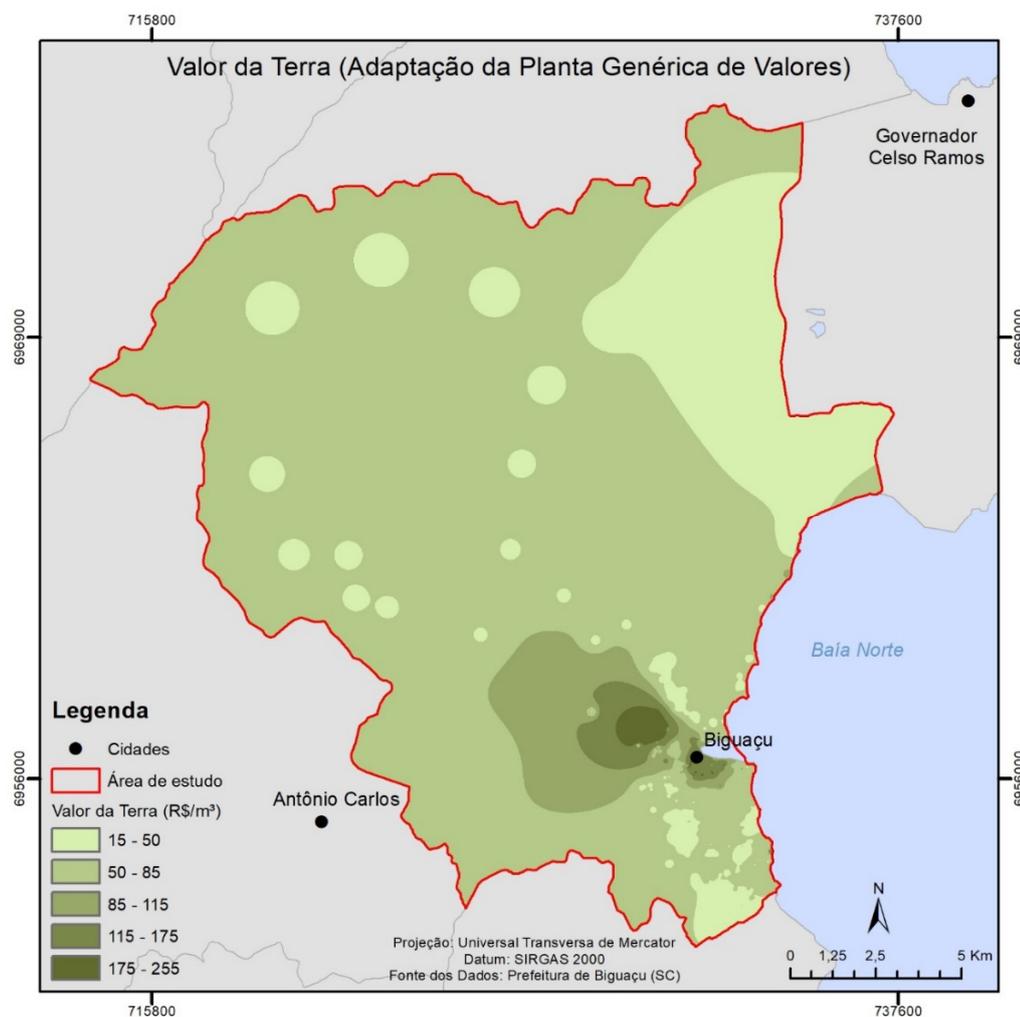
4.2.5.2.5 *Subcritério: Valor da Terra*

Em um município qualquer normalmente os terrenos de menor valor venal encontram-se afastados das áreas urbanizadas ou das principais vias de acesso. Pelo objeto do estudo se tratar da potencial definição de zonas industriais, existe a necessidade de as empresas estarem instaladas em lotes grandes, por isso as áreas menos valorizadas receberam maior peso em relação as mais valorizadas. Na área de estudo, considerando a definição de um conjunto de classes (alternativas) e sua dimensão, a segunda alternativa (50 – 85 R\$/m²) é caracterizada como a mais presente na área de estudo, correspondendo a 74,37% do município.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,2426” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0607” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0542” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 28: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Valor da Terra.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
15 - 50 R\$/m ²	0,503	18,57	
50 - 85 R\$/m ²	0,260	74,37	
85 - 115 R\$/m ²	0,134	5,19	
115 - 175 R\$/m ²	0,068	1,41	
175 - 255 R\$/m ²	0,035	0,46	
λ Max = 5,2426	CI = 0,0607	RI = 1,12	CR = 0,0542



Mapa 21: Valor da Terra.

Fonte de dados: Adaptado de Prefeitura de Biguaçu (SC).

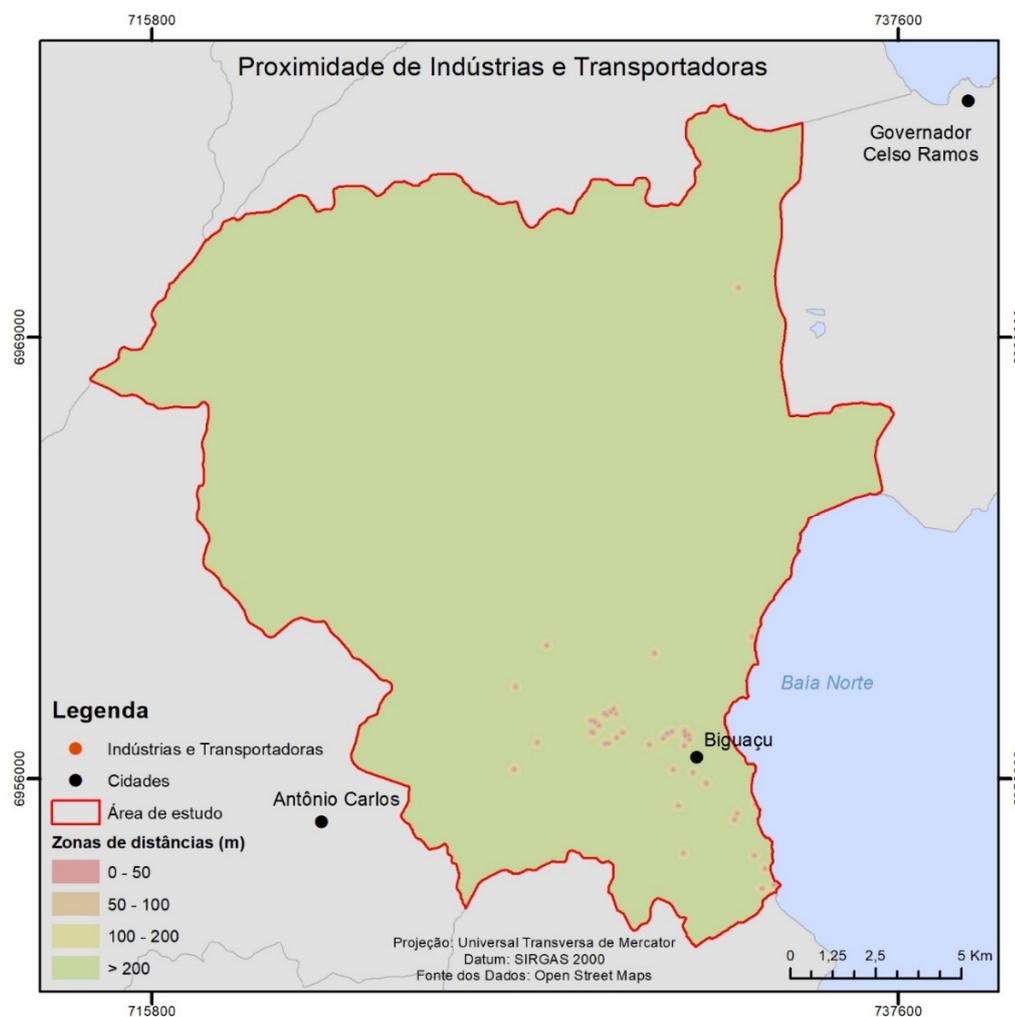
4.2.5.2.6 *Subcritério: Proximidade de Indústrias e Transportadoras*

Estar próximo a outras indústrias e transportadoras configura o sistema de cluster e, portanto, o fortalecimento do grupo nas ações empreendedoras, podendo ser benéfico sob a ótica de produção, logística e de infraestrutura. Dessa forma, entende-se que definir zonas industrial próximo a locais onde já se encontram instaladas outras indústrias e transportadoras é benéfico e permite o grupo de unir para agir em parceria. Dessa forma, conforme apresentado na Tabela 29, a definição para representação desse subcritério foi estabelecida a partir de quatro raios de distâncias, sendo que quanto maior essa distância menor o peso referenciado. Por considerar uma área menor, a primeira zona (0 – 50 metros) apesar de possuir o maior peso, tem a menor área de estudo (0,11%).

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “4,0821” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0274” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “0,90”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0304” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 29: Pesos utilizados para as alternativas do subcritério Proximidade Indústrias e Transportadoras.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 50 m	0,585	0,11	
50 - 100 m	0,259	0,28	
100 - 200 m	0,108	0,88	
> 200 m	0,048	98,73	
λ Max = 4,0821	CI = 0,0274	RI = 0,90	CR = 0,0304



Mapa 22: Proximidade de Indústrias de Transportadoras.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

4.2.5.2.7 *Subcritério: Proximidade da Rodovia BR-101*

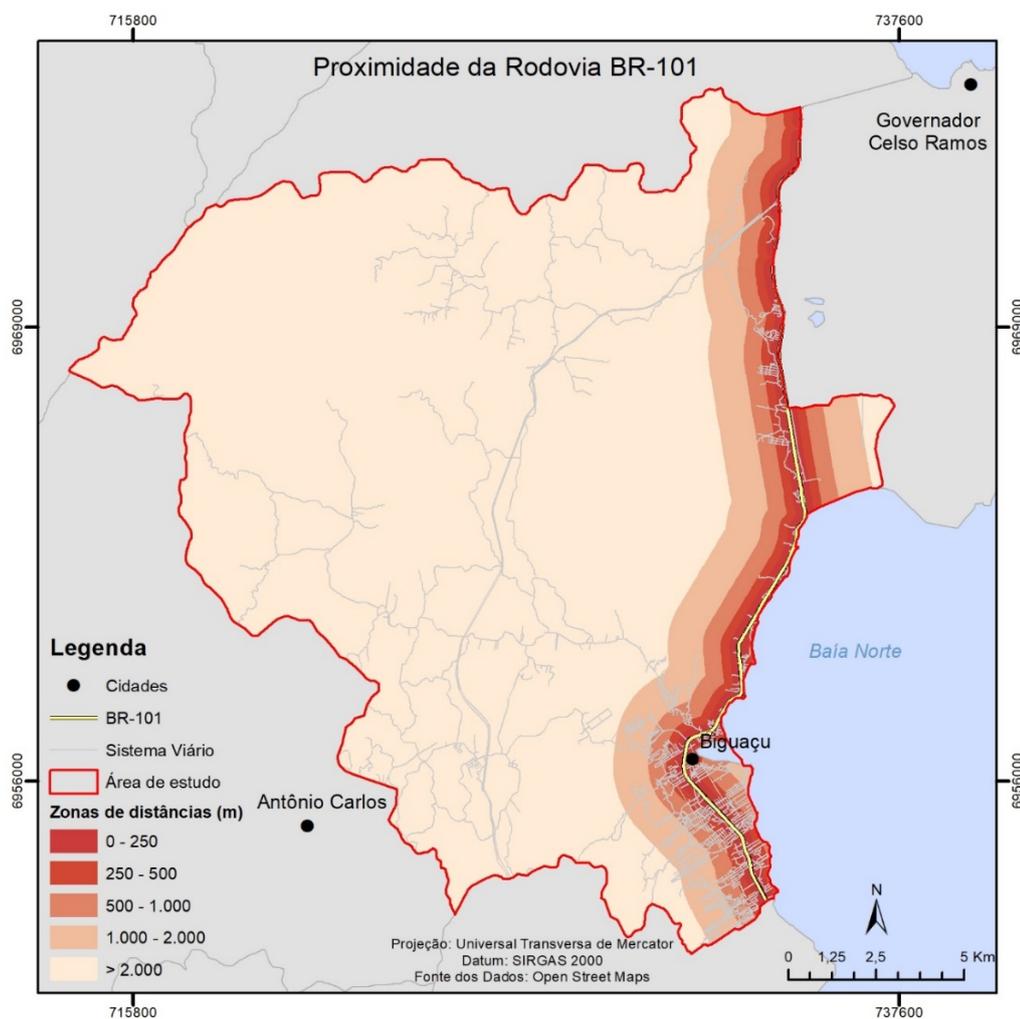
A rodovia BR-101 atualmente é a principal rodovia do município de Biguaçu, pois além de ser a rodovia presente em quase toda região litorânea brasileira historicamente o município teve o seu desenvolvimento consolidado ao longo desse importante eixo viário. Estar próximo à rodovia BR-101 representa a facilidade de escoamento da produção, assim como pode ser visto na Tabela 30 e Mapa 23, foram definidas cinco zonas de distâncias a partir do eixo da rodovia, sendo a zona de “0 – 250 m” a de maior interesse, porém a de menor presença da área de estudo (2,96%).

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,1044” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0261” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso

a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0233” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 30: Pesos utilizados para as alternativas do critério Proximidade da BR-101.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 250 m	0,437	2,96	
250 - 500 m	0,286	2,70	
500 - 1.000 m	0,172	4,89	
1.000 - 2.000 m	0,072	9,09	
> 2.000 m	0,034	80,36	
$\lambda_{\text{Max}} = 5,1044$	CI = 0,0261	RI = 1,12	CR = 0,0233



Mapa 23: Proximidade da Rodovia BR-101.

Fonte de dados: Adaptado de Open Street Maps.

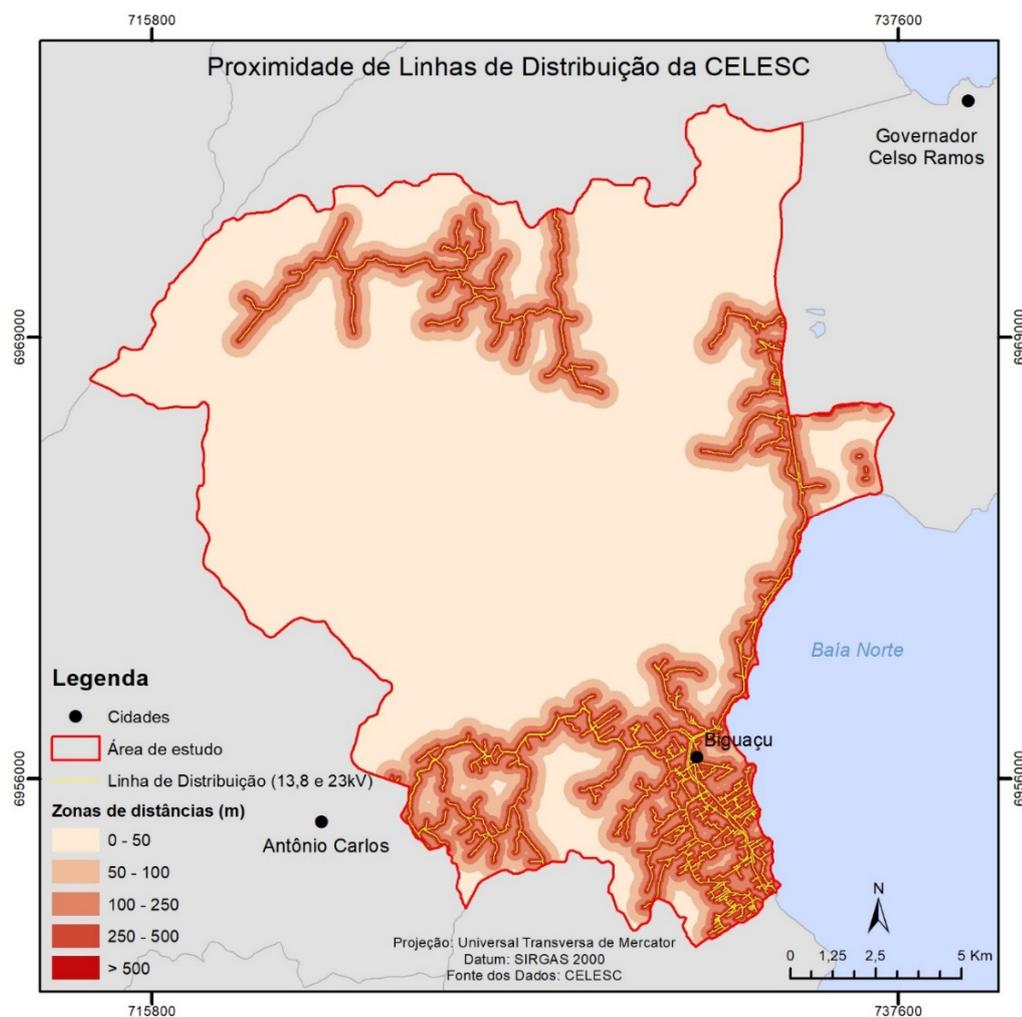
4.2.5.2.8 *Subcritério: Proximidade de Linha de Distribuição*

Como apresentado no item 3.2.2.1.2.8, locais onde já existe o fornecimento de energia em níveis de tensão menores que 230 kV são considerados fatores positivos, pois exigem menos custos de implantação de infraestrutura para atender a demanda industrial. Neste contexto, conforme apresentado na Tabela 31 e Mapa 24, a partir dos eixos das linhas de distribuição da CELESC foram determinados cinco raios de distâncias, sendo que quanto maior fosse a distância menor seria o peso associado. Por considerar uma área de maior extensão, a última zona (maior que 500 metros) assumiu o menor peso que representa 67,61% da área de estudo.

Após definição dos pesos, a análise de sensibilidade foi aplicada. Tendo o valor do lambda máximo (λ Max) calculado em “5,2426” e por consequência o Índice de Consistência em “0,0607” e o índice de Consistência Aleatório (RI) definido por Saaty recebeu o valor “1,12”. Com isso a Razão da Consistência (CR), determinada pela equação (15), recebeu o valor “0,0542” e atendeu ao critério de ser igual ou menor que 10%.

Tabela 31: Pesos utilizados para as alternativas do critério Proximidade da Linha de Distribuição.

Alternativa	Peso	% na Área de Estudo	
0 - 50 m	0,503	6,25	
50 - 100 m	0,260	4,89	
100 - 250 m	0,134	10,15	
250 - 500 m	0,068	11,05	
> 500 m	0,035	67,69	
λ Max = 5,2426	CI = 0,0607	RI = 1,12	CR = 0,0542



Mapa 24: Proximidade de Linhas de Distribuição.

Fonte de dados: Adaptado de CELESC.

4.2.6 Cálculo de Álgebra de Mapas

Segundo Malczewski (1999), apesar dos SIGs e dos métodos de decisão multicritérios serem duas áreas distintas de pesquisa científica, os problemas associados ao planejamento e gerenciamento do mundo real podem e devem se beneficiar da combinação de suas técnicas e procedimentos (Carver, 1991; Jankowski, 1995; Lins & Ferreira, 1997; Gomes & Lins, 1999). Dessa forma, no contexto do problema apresentado no escopo dessa pesquisa e da potencial solução proposta, considerando os critérios, parâmetros, pesos e correlações adotados na modelagem do AHP, foi possível através das equações (16), (17) e (18) calcular as potenciais áreas destinadas a implantação da Zona Industrial no Município de Biguaçu. Todo o aporte geográfico para determinação do produto “Mapa de Aptidão de Zonas Industriais” foi

executado em ambiente SIG por meio da ferramenta *Raster Calculator*, especificamente utilizando o software ArcGIS e suas ferramentas de extensão.

As três equações apresentadas na sequência poderiam ser unificadas, entretanto para fins didáticos optou-se por mantê-las separadas, dessa forma os cálculos caracterizaram processos distintos com maior segurança e controle de qualidade entre as etapas. Na equação (16) os pesos associados a cada subcritério Socioambiental foram considerados a partir dos valores já apresentados na Tabela 15, por outro lado os pesos apresentados na equação (17) e que estão relacionados ao subcritério Econômico e Infraestrutura foram considerados a partir dos valores presentes na Tabela 23. Por fim, a equação (18) calcula o agrupamento entre os dois subcritérios supracitados e associa seus respectivos pesos considerando os pesos definidos na Tabela 14.

$$SA = (0,359 * F) + (0,248 * DP) + (0,172 * D) + (0,085 * APP) ... \quad (16)$$

$$+ (0,056 * P) + (0,0056 * L) + (0,023 * AS)$$

Onde os números representam o peso de cada subcritério e as letras representam a classificação de cada subcritério, a saber:

F é Floresta;

DP é Densidade Populacional;

D é Declividade;

APP é Área de Preservação Permanente

P é Pedologia;

L é Litologia; e

AS é Aterro Sanitário.

$$EI = (0,258 * H) + (0,258 * E) + (0,169 * CV) + (0,169 * SC) ... \quad (17)$$

$$+ (0,060 * VT) + (0,04 * IT) + (0,03 * BR) + (0,02 ...$$

$$* LD)$$

Onde os números representam o peso de cada subcritério e as letras representam a classificação de cada subcritério, a saber:

H é Hospitais;

E é Escolas;

CV é Contorno Viário;

SC é Rodovia SC-407;

VT é Valor da Terra;

IT é Indústria e Transportadoras;

BR é Rodovia BR-101; e

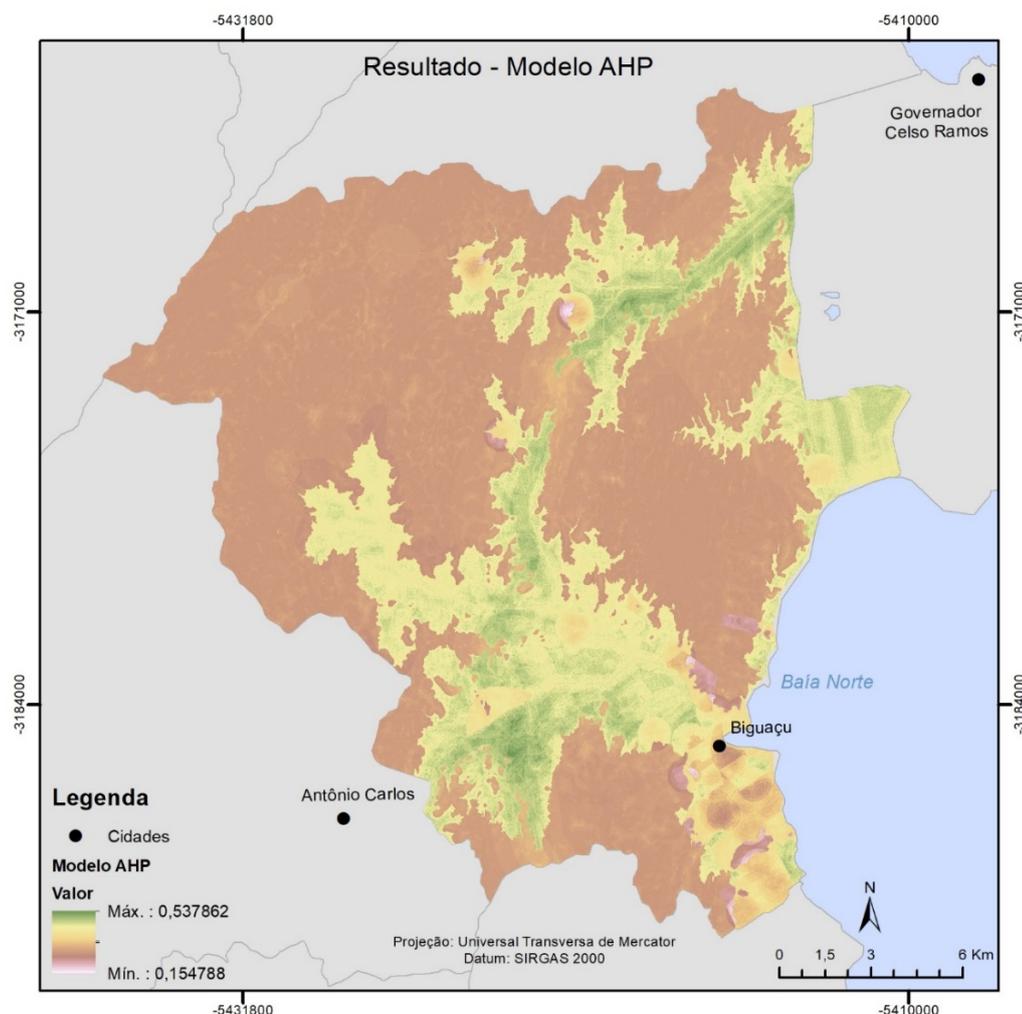
LD Linha de Distribuição.

$$AHP = (0,667 * SA) + (0,333 * EI) \quad (18)$$

Onde os números representam o peso de cada subcritério e as letras representam a classificação de cada subcritério, a saber:

SA é Socioambiental; e

EI é Econômico e Infraestrutura.



Mapa 25: Espacialização do resultado do modelo AHP.

4.3 CRUZAMENTO DOS MODELOS BOOLEANO E AHP

Para se obter o produto final desejado nessa pesquisa, ou seja, o “Mapa de Aptidão das Zonas Industriais” foi necessário como última etapa do procedimento metodológico aplicar uma regra de álgebra entre mapas temáticos. Portanto, foi executado o cruzamento entre os mapas temáticos obtidos pós aplicação dos modelos Booleano e AHP, cujo resultado se caracterizou na geração do mapa temático de Aptidão das Zonas Industriais para o município de Biguaçu -

SC. Essa etapa foi necessária e consolidou o método proposto, uma vez que complementarmente as restrições foram estabelecidas de modo distinto e necessitavam ser agregadas – considerando diferentes níveis de potencialidades à definição das Zonas Industriais.

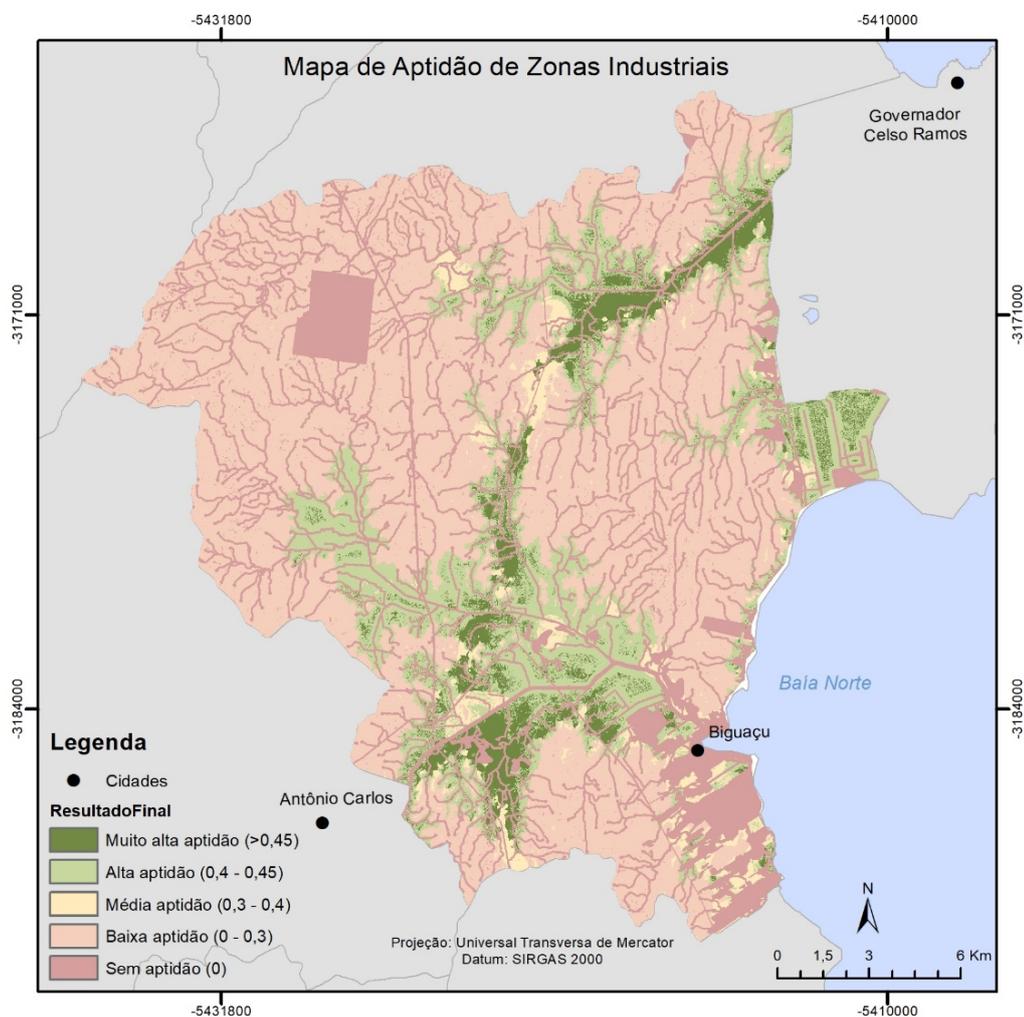
O Mapa de Aptidão das Zonas Industriais foi expresso conceitualmente por cinco classes de aptidão, sendo elas: sem aptidão (0), baixa aptidão (0 – 0,3), média aptidão (0,3 – 0,4), alta aptidão (0,4 – 0,45) e muito alta aptidão (> 0,45), como pode ser observado o produto final na representação gráfica expressa pelo Mapa 26. Ressalta-se que para classificar a área de interesse de acordo com os estratificação (classes de aptidão) supracitada foi necessário aplicar a equação (19), sendo considerou-se o resultado do modelo Booleano multiplicado pelo resultado obtido no modelo AHP.

$$MAZI = B * AHP \quad (19)$$

Onde MAZI é Mapa de Aptidão de Zonas Industriais;

B é Booleana; e

AHP é *Analytic Hierarchy Process* .:



Mapa 26: Representação do mapa de Aptidão de Zonas Industriais.

Tabela 32: Categorias de aptidão e tamanho da área de cobertura.

Categoria de Aptidão	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito alta aptidão	17.665.768,00	5,56
Alta aptidão	51.749.348,63	16,28
Média aptidão	9.885.527,54	3,11
Baixa aptidão	163.435.230,59	51,43
Sem aptidão	75.065.136,44	23,62

4.4 AVALIAÇÃO DO MÉTODO

4.4.1 Correlação Linear de Pearson

Executado o procedimento metodológico proposto na pesquisa e obtido o resultado, que se caracterizou no “Mapa de Aptidão das Zonas Industriais”, foi necessário proceder a segunda etapa da pesquisa. Assim, iniciou-se o processo de estudo e confrontação, a partir da correlação entre as áreas definidas como de interesse à aptidão industrial, dos dados cartográficos “Mapa de Aptidão das Zonas Industriais” e o “Zoneamento do Plano Diretor do município de Biguaçu”. Nesse contexto, o procedimento matemático que sustentou a análise de correlação entre os produtos cartográficos foi a Correlação Linear de Pearson. Esse método foi escolhido por ser validado no meio científico objetivando medir o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. Como cita Lira (2004 apud Schultz e Schultz 1992), o método de Correlação Linear de Pearson é cientificamente reconhecido pela academia e permite analiticamente medir a correlação entre duas variáveis, calculando-se o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, também conhecido como Coeficiente de Correlação do Momento Produto.

Executando o procedimento de análise de correlação e já filtrando potenciais ruídos que poderiam acarretar no processo algébrico em função da entrada de dados inconsistentes, foi definido utilizar apenas as áreas do município contempladas pelo Zoneamento do Plano Diretor, visto que por ser tratar de estudo urbano, algumas áreas rurais não são consideradas. Além disso, nesse primeiro momento foi utilizado os dados do modelo AHP e não os dados de aptidão gerado no item 4.3.

Dessa forma, para se gerar a correlação entre as duas variáveis citadas, primeiramente foi necessário a partir da área do zoneamento do Plano Diretor gerar uma malha de pontos espaçadas de 100 x 100 metros – que se tornou a referência básica de correspondência entre os produtos, conforme pode ser visualizado na figura 14. Por meio da malha, foram relacionados

especialmente os dados numéricos do modelo AHP proposto neste estudo e do mapa de Zoneamento do Plano Diretor de Biguaçu. Com a malha de pontos geradas, em ambiente SIG, executou-se o comando de *Spatial Join* dos dados do modelo AHP (valores do *raster*), para a tabela de atributos da Malha de Pontos.

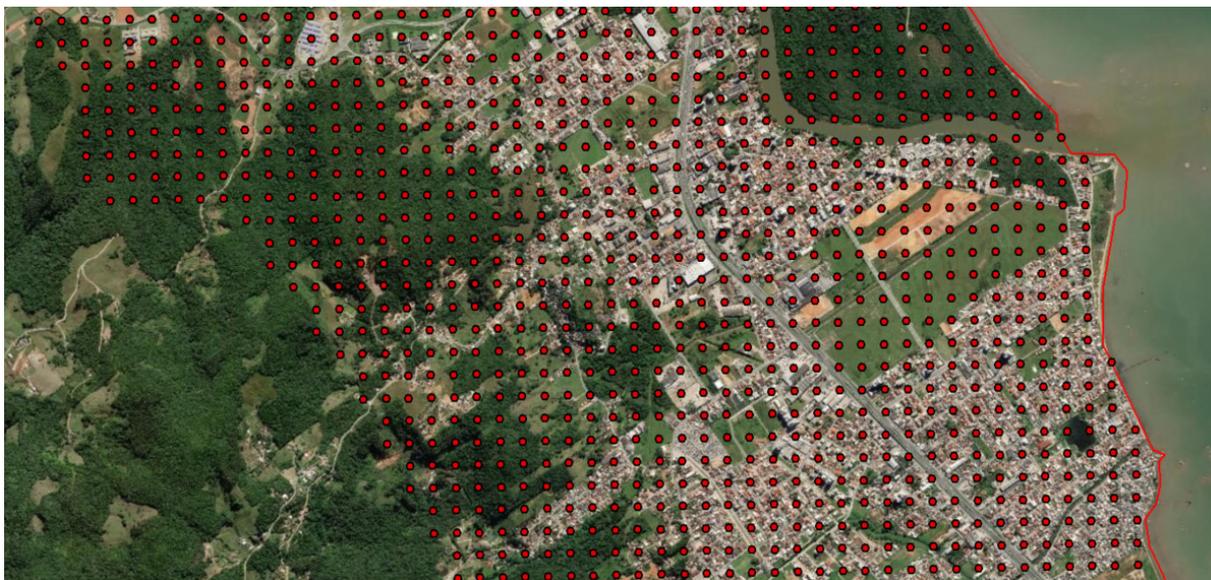


Figura 15: Representação da malha de pontos.

Conforme apresentado na Figura 16, que corresponde tabela III do anexo V da Lei Complementar nº71/2014 do município de Biguaçu (SC), verifica-se a adequação de atividades por Zoneamento, bem como a especificação do porte das mesmas representadas em três classes, semiologicamente de acordo com o sistema semafórico, e traduzidas aqui para: permitido (verde), permissível (amarelo) e proibido (vermelho). Dentre os usos apresentados na Figura 16, a tipologia discriminada no item nº 14, se refere a discriminação das atividades industriais (pequeno, médio ou grande porte) em cada um dos zoneamentos do Plano Diretor do município.

PLANO DIRETOR DE BIGUAÇU

Anexo V - Tabela III – Tabela de Adequação de Atividades por Zoneamento



CÓDIGO USO	Porte	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZCC	ZMD	ZI	ZEI 2	ZIR 1	ZIR 2	ZIR 3	ZEIS	ZINT 1	ZINT 2	ZUL	ZPA	ZPO	ZEC	ZPP	ZR	ZRU	CAI
USO 1																						
USO 2	P																					
	M																					
	G																					
USO 3	P																					
	M																					
	G																					
USO 4	P																					
	M																					
	G																					
USO 5	P																					
	M																					
	G																					
USO 6	P																					
	M																					
	G																					
USO 7																						
USO 8																						
USO 9	P																					
	M/G																					
USO 10	P																					
	M																					
	G																					
USO 11	P																					
	M																					
	G																					
USO 12	P																					
	M																					
	G																					
USO 13	P																					
	M																					
	G																					
USO 14	P																					
	M																					
	G																					

Figura 16: Representação da Tabela de Adequação de Atividades por Zoneamento.

Fonte: Prefeitura de Biguaçu (SC).

Neste contexto, afim de quantificar potencialidade das atividades industriais em cada zona proposta, para cada porte de atividade, foi definido o valor “10” para as atividades permitidas no zoneamento, “5” quando permissível e “0” quando caracterizasse uma proibição. Por fim, metodologicamente foi executada a soma dos portes da atividade, conforme pode ser observado na Tabela 33.

Os valores expressos na Tabela 33, através da sigla dos zoneamentos do Plano Diretor Municipal, foram associados através da ferramenta “*join attributes from a table*” com a camada geográfica de Zoneamento do Plano Diretor Municipal. Dessa forma tanto a malha de pontos com os valores AHP quanto a camada de Zoneamento se encontravam preparadas para iniciar o processo de Correlação Linear de Pearson.

Sendo o primeiro passo a nova utilização da ferramenta “*Spatial Join*” onde as informações alfanuméricas da tabela de atributos da camada de Zoneamento do Plano Diretor Municipal foram espacialmente associadas com a malha de pontos do modelo AHP. O resultado desta associação alfanumérica, expressa na tabela de atributos, foi exportada para uma planilha de Excel, sobre a qual foi desenvolvida uma planilha para cálculo da Correlação Linear de Pearson.

Tabela 33: Quantificação das Atividades industriais por Zoneamento.

	ZC1	ZC2	ZC3	ZCC	ZMD	ZI	ZEI 2	ZIR 1	ZIR 2	ZIR 3	ZEIS	ZINT 1	ZINT 2	ZUL	ZPA	ZPO	ZEC	ZPP	ZR	ZEU	CAI
P	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	10	10	10
M	5	5	5	5	10	10	10	5	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	5	10	10
G	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Total	15	15	15	15	20	30	30	15	10	10	10	20	25	0	0	0	0	0	15	20	25

P – Atividade de Pequeno Porte

M – Atividade de Médio Porte

G – Atividade de Grande Porte

10 - Permitido

5 - Permissível

0 - Proibido

Para a análise de correlação, o método prevê a definição das variáveis como termo dependentes e independentes. Dessa forma, foi definido como termo independente (X) a variável “Mapa de Zoneamento do Plano Diretor” e por outro lado como termo dependente (Y) o “Modelo AHP”. Dessa forma, na planilha de Excel, foram realizados todos os cálculos dos somatórios dos termos independentes e dependentes.

Tabela 34: Valores extraídos da memória de cálculo da Correlação de Pearson.

Somatórios	Valor
Σx	157250
Σy	3213,1059
Σx^2	3637100
Σy^2	1326,4438
Σxy	65361,118
n	8002

Por fim, foi necessário aplicar os valores da Tabela 34 na equação (20) para se chegar no valor de correlação linear (r) das variáveis citadas.

$$r = \frac{n \cdot (\Sigma xy) - (\Sigma x) \cdot (\Sigma y)}{\sqrt{[n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2] \cdot [n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2]}} \quad (20)$$

$$r = \frac{8002 \cdot (65361,118) - (157250) \cdot (3213,1059)}{\sqrt{[8002(3637100) - (157250)^2] \cdot [8002(1326,4438) - (3213,1059)^2]}} \quad (21)$$

$$= 0,4984$$

Segundo Corrêa et. al. (2008 apud Appolinário 2006) o coeficiente de correlação de Pearson varia entre -1,00 e +1,00 acrescentando ainda que as correlações possuem duas características: força e direção. Portanto, se a variável calculada atingir o valor menor que zero, tem-se uma correlação negativa e, por outro lado se a variável apresentar ma valor acima de zero tem-se uma correlação positiva. A condição positiva e negativa indica a direção do relacionamento entre as variáveis em análise, assim se for positiva, tem-se uma relação direta e, sendo negativa, a relação configura-se na situação inversa. Com relação a característica força,

a correlação pode ser: absoluta, muito forte, forte, moderada, fraca e nula, conforme discriminado na Tabela 35.

Tabela 35: Valores de Correlação e Força através do método de Pearson.

Valores de Correlação	Força (interpretação)
0,00	Nula
0,01 até 0,10	Muito Fraca
0,11 até 0,30	Fraca
0,31 até 0,59	Moderada
0,60 até 0,80	Forte
0,81 até 0,99	Muito Forte
1,00	Absoluta

Fonte: Appolinário (2006, p. 150)

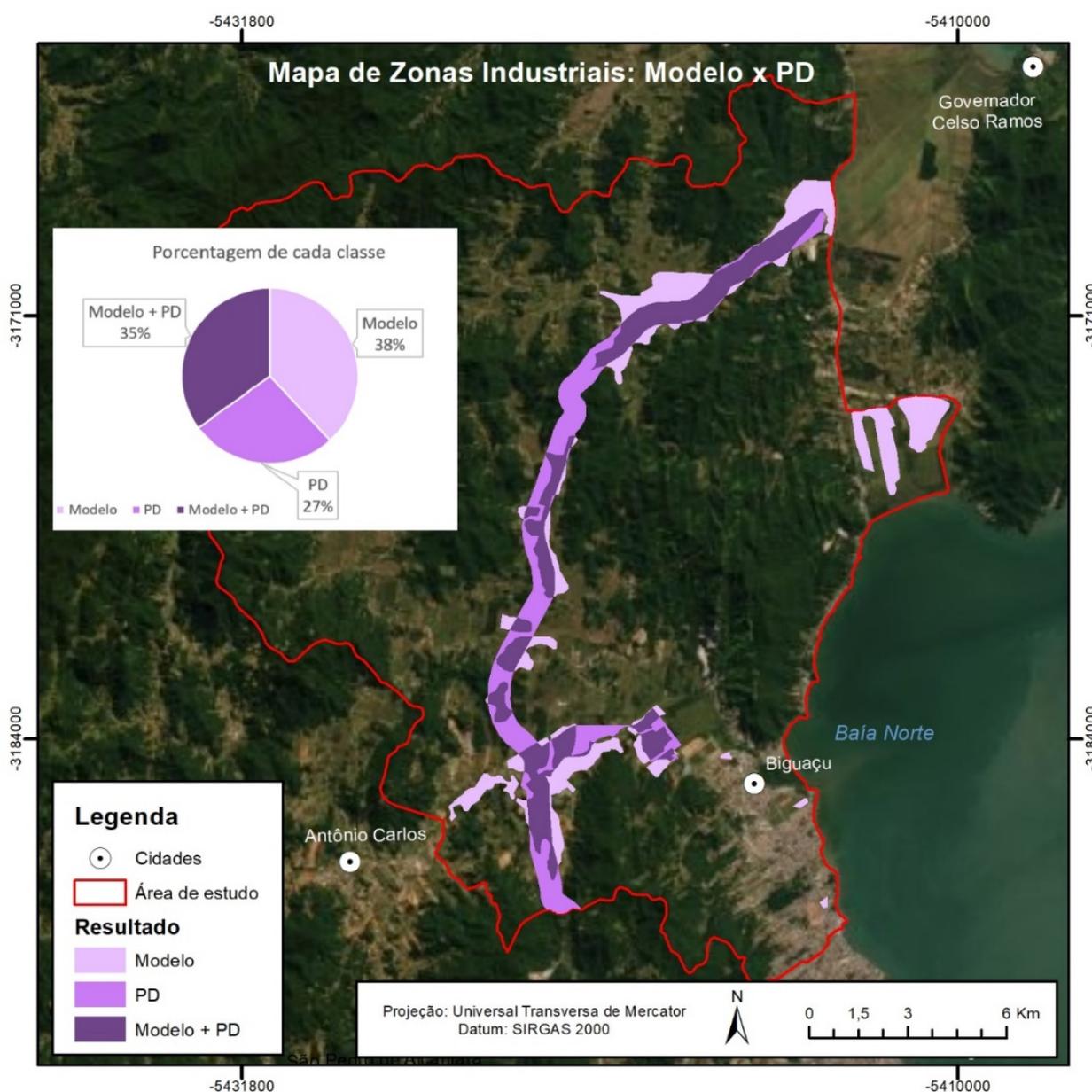
Como expresso na equação (21), o resultado da Correlação de Pearson calculado para o estudo no Município de Biguaçu é de 0,4984. Comparando-o com os valores apresentados na Tabela 35, é possível concluir que existe uma correlação moderada entre o uso industrial previsto no Mapa de Zoneamento do Plano Diretor de Biguaçu segundo o princípio metodológico apresentado nesse estudo.

4.4.2 Comparação da MAAZI com ZI e ZEI do Plano Diretor

Por fim, visando atender o item “e” dos objetivos específicos, foi realizada a avaliação da interseção entre as áreas de Muito Alta Aptidão de Zonas Industriais (MAAZI) do mapa de Aptidão de Zonas Industriais, representado pelo Mapa 26, com as Zonas Industriais e de Expansão Industrial definidas pelo Plano Diretor Municipal.

A análise proposta se limita a avaliar dentro da área de estudo apenas os locais onde há presença da classe MAAZI ou dos Zoneamentos de ZI ou ZEI do Plano Diretor Municipal. Dessa forma, o método adotado se configurou na definição de três situações, a saber: locais onde existe a sobreposição dos polígonos da MAAZI com os da ZI ou ZEI do Plano Diretor Municipal, representando 35% da área analisada; polígonos onde exclusivamente se encontram as áreas definidas pela MAAZI (38%); e por fim polígonos exclusivos dos zoneamento de ZI ou ZEI (27%).

Analisando o resultado apenas pelas porcentagens apresentadas não é possível identificar uma alta correlação entre a resposta gerada pelo modelo proposto, nesta pesquisa, frente aos polígonos de ZI e ZEI do Plano Diretor. Entretanto, conforme pode ser observado graficamente no Mapa 27, mesmo quando não há sobreposição entre os polígonos, com algumas exceções, as classes estão representadas com uma correlação de proximidade que as confere com alta grau de atratividade.



Mapa 27: Cruzamento entre polígonos de Zonas Industriais gerado pelo Modelo e PD.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

O procedimento metodológico apresentado nessa pesquisa referenda mais uma vez a necessidade dos gestores públicos ou privados em ter a sua disposição elementos técnicos consistentes que os subsidie na tomada de decisão.

O princípio apresentado na pesquisa, ou seja, o tema que se desenvolveu com a aplicação do modelo booleano e AHP, visando aportar a sistematização do problema e sua provável solução, trouxe à tona o potencial de uso integrado entre técnicas e procedimentos metodológicos que sustentaram o desenvolvimento da dissertação, gerando um produto consistente.

Cada técnica em separado, utilizada na pesquisa, encontra-se referendada pela academia no princípio científico e na consolidação teórico-prática que se estruturou sobre o tema voltado à geração do Mapa de Aptidão de Zonas Industriais no Município de Biguaçu – SC, segundo o produto final representado pelo Mapa 26.

A conclusão da pesquisa confirmou que o método desenvolvido a partir dos modelos Booleanos e de Análise Multicritério (AHP), em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica, podem ser ferramentas de valor para ciência e para gestores públicos tomadores de decisão. Como ressaltado no início da pesquisa, essa pesquisa não ter por função propor uma nova zona industrial ou contestar as atuais, entretanto seu uso prova ser eficiente na composição do zoneamento de um Plano Diretor, visto que mesmo considerando critérios restritivos, ambientais, econômicos e de infraestrutura houve uma moderada correlação do modelo com o mapa de zoneamento do município de Biguaçu.

O desempenho do Modelo Booleano (representado pelo Mapa 9) adotado mostrou-se eficiente no cenário proposto, que se configurou na definição de áreas restritivas a delimitação de zonas industriais. Esse mesmo modelo, não atingiu a expectativa da análise espacial plena do processo devido a complexidade do conjunto de variáveis envolvidas e o próprio perfil das mesmas, que se não se caracterizam no formato dicotômico. porém limitado segundo a análise plena do processo e no contexto da complexidade em que se encontra o tema. Assim, como resultado final o mapa temático restritivo ao zoneamento industrial por meio do modelo Booleano foi eficiente e representou com propriedade as relações de restrição ou permissão voltados aos temas ambientais e de infraestrutura.

De modo complementar ao Modelo Booleano, foi utilizado o Modelo AHP (representado pelo Mapa 25), que apresentou desempenho eficiente e com resultados que conferiram ao produto final maior consistência e qualidade à tomada de decisão pelo decisor. Nesse sentido, e de modo complementar verificou-se que a literatura trata exaustivamente a aplicação do AHP para solução de problemas complexos, e que no contexto da pesquisa visando a geração do mapa temático de áreas potenciais ao zoneamento industrial, obteve-se uma resposta gráfica que consolidou a percepção e notoriedade dos especialistas. Esse produto – tecnicamente obtido – sustenta os achismos de argumentação fraca e permitem aos decisores serem enfáticos no seu parecer e tomada de decisão, a qual está ainda referendada por um estudo analítico de Correlação Linear de Pearson (baseada em princípio estatístico) e que confere maior grau de consistência científica.

Ressalta-se que a correlação de Pearson ocorreu, considerando um processo de validação entre o AHP e o Zoneamento do Plano Diretor, e cujo resultado final foi de 0,4984, representando uma moderada correlação.

Como forma de refinar ainda mais o produto final da pesquisa, a partir do Mapa de Aptidão definidor das Zonas Industriais, foi considerada a classe de maior interesse denominada de “Muito Alta Aptidão de Zonas Industriais” (MAAZI) e confrontada espacialmente com as classes de Zonas Industrial e de Expansão Industrial definidas no Zoneamento do Plano Diretor de Biguaçu. A partir da adoção desse procedimento metodológico obteve-se como produto final o mapa que associou o maior potencial de interesse entre os dois temáticos supracitados, que configurou-se em 35% de sobreposição (polígonos com maior intensidade de roxo representados no Mapa 27) .

O modelo final proposto no estudo de caso definiu algumas áreas prioritárias para a implantação das zonas industriais, porém tem-se claro que uma vez avaliado em outra escala de impacto na vizinhança os resultados obtidos podem ser alterados. Assim, o exemplo para definição das Zonas de Interesse Náutico e de Corredor Agroindustrial, que no município de Biguaçu são definidas como superfícies planas e afastadas das áreas urbanas, são potencialmente confundidas com zonas características ao recebimento de indústrias.

5.2 RECOMENDAÇÕES

O produto gerado na pesquisa atende o seu propósito, porém tem-se claro que alguns dados primários para a geração dos mapas temáticos necessitam ser aprimorados, quer seja na

melhor representação em detalhamento (maior escala), ou ainda na constante atualização dos mesmos.

Recomenda-se ainda que sejam consultados especialistas experientes nos temas que compõem a análise multicritério tornando o modelo mais robusto e confiável segundo a definição dos parâmetros e pesos atribuídos as variáveis.

Verifica-se ainda que o detalhamento e consistência da base de dados está diretamente associada na influência e qualidade do resultado do modelo final. No contexto da pesquisa, deparou-se com dificuldades associadas as bases gráficas e numéricas que na sua totalidade não se apresentava em escala adequada a determinadas análises espaciais ou ainda ao formato e atualização devidos, portanto sendo necessário um aprimoramento em estudos futuros.

A atualização constante dos dados é importante para manter qualidade e usabilidade de um dado, tornando o resultado confiável e passível de retratar a realidade na atualidade. Visto que a baixa periodicidade de atualização como por exemplo nos dados geográficos de áreas edificadas pode gerar resultado controversos, como em áreas anteriormente baldias e que hoje pode estar composta por loteamento. Espera-se que o poder público ou instituições privadas façam levantamento desses dados e os disponibilize para estudos mais detalhados em projetos futuros.

A escala do dado afeta muito o resultado como é o caso dos dados de Pedologia e Litologia que possuem uma escala muito pequena para um estudo avaliação de Plano Diretor. Além disso a qualidade da informação alfanumérica também possui grande influência, como é o caso do dado de Planta Genérica de Valor que não possui informação sobre todo o município.

Também deve ser reforçado que houve a intenção da utilização de alguns temas de alta relevância para delimitação de áreas de interesse no contexto industrial, mas que não possuíam elementos dentro da área de estudo, por isso descartados, como por exemplo: Aeródromo, Área Militar, Área de Quilombos, Assentamento Rural, Cavidades Naturais, Unidade de Conservação e etc. Em uma possível continuidade desse estudo, recomenda-se o cruzamento dos dados do Mapa de Aptidão a Zonas Industriais com a estrutura fundiária do município de Biguaçu. Caso esse método seja replicado em um estudo futuro para a mesma área de estudo há que se considerar potencialmente os temas supracitados em função da real dinâmica que ocorre na área de estudo.

De modo não menos importante, reforça-se a ideia da efetividade de todo o princípio metodológico adotado para a solução primária do problema, o qual deve atentar para a condição da participação da sociedade no ajuste e refinamento do produto final. Sendo assim, torna-se extremamente útil ao decisor, partir do Mapa de Aptidão que representa as potenciais Zonas

Industriais, discutir em um outro nível de condição participativa o desejo real e estratificado dos representantes da comunidade a locação de fato da(s) zona(s) industrial(ais), segundo as múltiplas percepções e afetações (in)direta voltadas ao planejamento estratégico do município.

Por fim, recomenda-se ainda que na continuidade desta pesquisa seja adotado um princípio de estudo mais amplo e menos tecnicista, junto à comunidade – observando novos parâmetros de influência (quer sejam objetivo ou subjetivos), porém que apresentam uma mensuração passível de ser representada em um documento cartográfico.

REFERÊNCIAS

AGHILONE, Graziella; FELICE, Fabio De; PETRILLO, Antonella. **A comparative analysis based on analytic network process for selection of a mini wind station plant**. Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, 2011. Disponível em: http://www.isahp.org/uploads/9_0208_aghilone.pdf Acesso em 25 out. 2019.

AL-SHABEEB, A. (2016) **The Use of AHP within GIS in Selecting Potential Sites for Water Harvesting Sites in the Azraq Basin—Jordan**. *Journal of Geographic Information System*, **8**, 73-88. doi: 10.4236/jgis.2016.81008.

ALVES, J. R. X., & ALVES, J. M. (2014). **Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP)**. *Production Journal*, **25**(1), 13-26.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. A **“revisão bibliográfica” em teses e dissertações: meus tipos inesquecíveis – o retorno**. In: BIANCHETTI, L.; MACHADO, A. M. N. (Org.). *A bússula do escrever: desafios e estratégias na orientação de teses e dissertações*. São Paulo: Cortez, 2002. p. 25-44

AMATO NETO, J. **Redes de Cooperação Produtiva e Clusters Regionais**. São Paulo: Atlas, 2000.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 674 de 11 de agosto de 2015**: Aprova a revisão do Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico - MCPSE, instituído pela Resolução Normativa nº 367, de 2 de junho de 2009. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015674.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da Ciência: Filosofia e Prática da Pesquisa**. 1 ed. São Paulo: Editora Thomson, 2006.

BERRÍOS, Manuel Rolando. **Riscos apresentados pelos aterros de resíduos sólidos em áreas de rede urbana densa no Brasil**. In: VI SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6., 2010, Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. p. 1 - 14. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema4/manuel>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

BIGUAÇU. **Lei Ordinária nº 1.032 de 1995**: Dispõe sobre o uso do solo do perímetro urbano de Biguaçu e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-biguacu-sc>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BIGUAÇU. **Lei Complementar nº3 de 13 de dezembro de 2007**: Institui o Código Tributário do município de Biguaçu, Estado de Santa Catarina, e dá outras providências. Disponível em: <http://leismunicipa.is/lckmh>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BIGUAÇU. **Lei Complementar nº12 de 17 de fevereiro de 2009**: Institui o Plano Diretor de desenvolvimento municipal, dispõe sobre as normas, fixa objetivos e diretrizes urbanísticas do município de Biguaçu e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-diretor-biguacu-sc>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BIGUAÇU. Lei Complementar nº71 de 30 de setembro de 2014: Altera a Lei Complementar nº 12/2009 e dá outras providências. Disponível em: <http://leismunicipa.is/qfnst>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BRASIL. Decreto-Lei nº 5.492 de 1943: Consolidação das Leis do Trabalho – CLT e normas correlatas. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/535468/clt_e_normas_correlatas_1ed.pdf. Acesso em: 10 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 6.001 de 19 de dezembro de 1973: Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6001.htm. Acesso em: 10 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 6.803 de 2 de julho de 1980: Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6803.htm. Acesso em: 10 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001: Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 10 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 10 ago. 2019.

CÂMARA, G. et. Al. Técnicas de Inferência Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.; D'Alge, J.C. Introdução à Ciência da Geoinformação; 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CAMPOLINA, Alessandro Gonçalves et al. Análise de decisão multicritério para alocação de recursos e avaliação de tecnologias em saúde: tão longe e tão perto?. Cad. Saúde pública, Rio de Janeiro, v. 33, n. 10, e00045517, 2017. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2017001004002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 out. 2019.

CEMIG. Critérios de Interferência com Faixas de Linhas de Distribuição e Transmissão. Belo Horizonte: Cemig, 2015. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/pels_5621_000001p.pdf. Acesso em: 20 ago. 2019.

CORRÊA, C. A., & CORRÊA, H. L. (2006). Administração de produção e operações: manufatura e serviços- uma abordagem estratégica (2. ed.). São Paulo: Atlas.

CORRÊA, D. M. M. C.; MEDEIROS, E. de L.; CARDOSO, V. I. da C. O Uso do Coeficiente de Correlação de Pearson na Avaliação do Processo Ensino-Aprendizagem:

um Estudo de Caso à Disciplina de Legislação Tributária em uma Universidade Pública. AFIRSE. França, p. 1-15. jan. 2008. Disponível em: <<http://www.afirse.com/archives/cd11/GT 08 - POLÍTICAS E PRÁTICAS DE GESTÃO, FINANCIAMENTO DA EDUCAÇÃO/807 o uso do coeficiente.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2019.

COSTA, H. G. **Introdução ao Método de Análise Hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão.** Niterói. 2002. Disponível em <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

DAVISON DIAS, R. **Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais.** In: Revista do Instituto Geológico, São Paulo, SP, 1995, p.51-55.

DECARLI, Nairane; FERRAREZE FILHO, Paulo. **Plano Diretor no Estatuto da Cidade: uma forma de participação social no âmbito da gestão dos interesses públicos.** SENATUS, Brasília, v. 6, n. 1, p.35-43, maio 2008. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/131832/Plano_diretor_estatuto_cidade.pdf?sequence=3>. Acesso em: 18 ago. 2019.

DUEKER, K. (1979). **Land Resource Information Systems: A Review of Fifteen Years Experience, Geoprocessing** Vol. 1, pp. 105-128.

DUTTA, V., & TIWARI, V. K. (2015). **Environmental Impact Assessment of Housing Colonies in Lucknow City, India with Special Reference to Land Capability and Spatial Development Using AHP and GIS.** *Environment and Urbanization ASIA*, 6(2), 176–192. <https://doi.org/10.1177/0975425315591423>

ECP (São Paulo). **ESTUDO SOBRE O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: Incompatibilidade ambiental de convivência entre uma atividade industrial em um loteamento residencial - Trabalhar vs Residir.** São Paulo: Gov. Sp, 2018. 13 p. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/StaticFile/ilp/aula2_urbanismo.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ).** Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1). http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00006739_001.pdf

FARIA, D. G. M; AUGUSTO FILHO, O. **Aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas.** Revista do Instituto Geológico, [s.l.], v. 34, n. 1, p.23-44, 2013. GN1 Genesis Network. DOI: 10.5935/0100-929x.20130002. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8945/8210>. Acesso em: 10 ago. 2019.

FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar nº3 de 1999:** Dispõe sobre ruídos urbanos e proteção do bem-estar e do sossego público. Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/11_01_2011_15.11.04.c015036b722ccbe963701f87d83e1cb6.pdf. Acesso em: 18 ago. 2019.

FUSCO GIRARD, Luigi & CERRETA, Maria & DE TORO, Pasquale. (2012). **Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information Systems (GIS): an Integrated Spatial Assessment for Planning Strategic Choices.** *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*. 4. 10.13033/ijahp.v4i1.102.

GIRARDI, E. P.; **Proposição de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira.** Presidente Prudente – FCT, tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da unesp – Campus de Presidente Prudente para a obtenção de título de doutor em geografia, 2008;

GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério 3.** ed. rev. e ampl. São Paulo, SP: Atlas, 2009 xv, 324 p.

GOODCHILD, M. F. **GIS, spatial analysis and modeling overview.** In: Maguire, Batty, Goodchild (eds.): GIS, Spatial Analysis, and Modeling. Redlands: ESRI Press, p.1-18. 2005.

GOUVEIA, Nelson; PRADO, Rogerio Ruscitto do. **Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos.** *SAÚDE PÚBLICA*, São Paulo, v. 5, n. 44, p.859-866, 15 abr. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v44n5/1633.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2019.

HADIPOUR, M., & KISHANI, M. (2014). **Environmental Location Planning Of Industrial Zones Using Ahp And Gis In Arak City, Iran.**

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manuais Técnicos em Geociências**, número 4, 2007, p. 316.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

IBGE (Rio de Janeiro). **Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por Setor Censitário: Documentação do Arquivo.** Rio de Janeiro: Ibge, 2011. 125 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoess_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

JAKOB, Alberto Augusto Eichman; YOUNG, Andrea Ferraz. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas.** In: **ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS**, 15., 2006, Caxambu. Caxambu: ABEP, 2006. p. 1 - 22. Disponível em: <<http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/M%C3%A9todosInterpola%C3%A7%C3%A3o.PDF>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

KARA, Can & SHUAIBU, Jaafar. (2019). **Evaluating suitability for sustainable urban growth of Abuja by using MCE and GIS.** *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 6. 68-76. 10.21833/ijaas.2019.07.009.

KLEIN, C. & Steinback, CHARLES & Watts, MATTHEW & Scholz, ASTRID & Possingham, HUGH. (2010). **Spatial marine zoning for fisheries and conservation.** *Frontiers in Ecology and the Environment*. 8. 10.1890/090047.

LIRA, S. A. **Análise de Correlação: abordagem teórica e de Construção dos Coeficientes com Aplicações.** 2004. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Pós-graduação em Métodos Numéricos, Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/dissertacao_sachiko.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**, Wiley and Sons INC, pp: 395. 1999.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. **O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais – um Estudo de Caso.** In: SBPO - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, 41., 2009, Porto Seguro. *Anais...*. Salvador: Unifacs, 2009. p. 1778 - 1788. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019.

MEIRELLES, HELY LOPES. **Direito municipal brasileiro.** São Paulo: Malheiros Editores, 1993, 6ª ed., p. 406.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Diretor Participativo:** Guia para a elaboração pelos municípios e cidadãos. Brasília: Confea, 2004. 160 p. Disponível em: <<https://polis.org.br/wp-content/uploads/Plano-Diretor-Participativo-1.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2019.

NADOLNY, Marili Lohmann. **A importância da Planta Genérica de Valores na Tributação Municipal.** *REVISTA TÉCNICO-CIENTÍFICA DO CREA-PR*, Curitiba, v. 4, n. 4, p.1-12, jun. 2016.

NORONHA, Carlos Alberto Ferreira de; FERREIRA, Karine Reis; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. **Web Service para Geocodificação de Endereços em Banco de Dados Espaço-Temporais.** São José dos Campos: Inpe, 2017. 19 p. Disponível em: <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.09.16.23/doc/Carlos%20Alberto%20Ferreira%20de%20Noronha.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

NULLY, Meng, J. MALCZEWSKI and S. BOROUSHAKI, "A GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development Sites: A Case Study in Canmore, Alberta," *Journal of Geographic Information System*, Vol. 3 No. 1, 2011, pp. 50-61.

doi: <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2011.31004> \t "_blank

PILLA, B. S; PASSAIA, N. A. M. **The information technology applied to decision making in medical office.** *Revista Estudos do CEPE*, Santa Cruz do Sul, n.32, p. 65-93, jul-dez. 2010.

PEINADO, J., & GRAEML, A. R. (2007). **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: UnicenP.

PENG, Jian & PENG, Fang-Le. (2018). **A GIS-based evaluation method of underground space resources for urban spatial planning: Part 1 methodology**. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 74. 82-95. 10.1016/j.tust.2018.01.002.

RAFFO, J. G. G. **O processo analítico hierárquico e seu uso na modelagem do espaço geográfico**. *Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume Especial 30 Anos*, p. 26-37, 2012.

SAATY, T.L.; VARGAS, L.G. **Prediction, Projection and Forecasting**. *Kluwer Academic Publishers*. Boston, MA, USA. 1991.

SAATY, L. **Decision making with the analytic hierarchy process**. *Int. J. Services Sciences*. 1(1), 83-98, 2008.

SÁNCHEZ-LOZANO, J.M. & GARCÍA-CASCALES, M. Socorro & LAMATA, Maria. (2016). **GIS-based onshore wind farm site selection using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making methods. Evaluating the case of Southeastern Spain**. *Applied Energy*. 171. 86-102. 10.1016/j.apenergy.2016.03.030.

SANTANA, Jair Eduardo. **Ordenação do Solo Urbano e Zoneamento: Limites do direito adquirido ao uso e ocupação do solo**. São Paulo: PUC/SP, 2013. 44 p. Disponível em: <<http://jairsantana.com.br/wp-content/uploads/2013/07/Ordena%C3%A7%C3%A3o-do-Solo-Urbano-e-Zoneamento-Limites-do-direito-adquirido-ao-uso-e-ocupa%C3%A7%C3%A3o-do-solo.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

SARACOGLU, Burak. (2013). **Selecting industrial investment locations in master plans of countries**. *European J. of Industrial Engineering*. 7. 416 - 441. 10.1504/EJIE.2013.055016.

SCHALLER, Joerg & Mattos, Cristina. (2010). **ArcGIS ModelBuilder Applications for Landscape Development Planning in the Region of Munich, Bavaria**. Peer Reviewed Proceedings of the Digital Landscape Architecture Conference, Valletta, Malta, 20-22 May 2009. 127-136.

STAR, J.; ESTES, J. **Geographic Information Systems: an Introduction**. *Englewoods Cliffs*. New Jersey. 1991.

STEFENON, Stéfano Frizzo; KLAAR, Anne Carolina Rodrigues; OLIVEIRA, Joaquim Rodrigo. **Como melhorar a Tomada de Decisão e a Gestão do Conhecimento**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL "PENSO ONDE SOU": CONHECIMENTOS PERTINENTES PARA A EDUCAÇÃO NA AMÉRICA LATINA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2016, Lages. **Anais I**. Lages: Uniplac, 2016. v. 1, p. 277 - 284. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/312029453_COMO_MELHORAR_A_TOMADA_DE_DECISAO_E_A_GESTAO_DO_CONHECIMENTO>. Acesso em: 14 nov. 2019.

SEBRAE. **Subsídios para a identificação de clusters no Brasil: atividades da indústria**. SEBRAE-SP. Relatório de Pesquisa, São Paulo, 2002.

SEBRAE/SC. **Santa Catarina em Números: Biguaçu**. Florianópolis: Sebrae, 2013. 133 p. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Relat%C3%B3rio%20Municipal%20-%20Bigua%C3%A7u.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

SEBRAE. **Caderno de Desenvolvimento de Santa Catarina – Biguaçu**. Biguaçu: Sebrae, 2019. 81 p. Disponível em: <<https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Bigua%C3%A7u%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SOUZA, Renato Rocha. **Sistemas de recuperação de informações e mecanismos de busca na web: panorama atual e tendências**. *Perspect. ciênc. inf.* [online]. 2006, vol.11, n.2 [cited 2019-10-23], pp.161-173. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362006000200002&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1981-5344. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-99362006000200002>.

TAIBI, Aissa & ATMANI, Baghdad. (2017). **Combining Fuzzy AHP with GIS and Decision Rules for Industrial Site Selection**. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*. In Press. 1. 10.9781/ijimai.2017.06.001.

TEKNOMO, K. **Analytic Hierarchy Process (AHP) tutorial**. 2006. Disponível em: <http://www.thecourse.us/5/library/AHP/AHP_Tutorial.pdf>. Acesso em 9 ago. 2019.

UNFCCC (Santa Catarina). **Projeto de Captura e Queima de Gás de Aterro Sanitário de Tijuquinhas da Proactiva**. Biguaçu, 2007. 66 p. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/mecanismo_de_desenvolvimento_limpo/submetidos/aprovados_termos_resolucao_1/publicacoes/180/Documento-de-Concepcao-de-Projeto.pdf>. Acesso em: 22 set. 2019.

VARGAS, R. **Analytical Hierarchy Process, earned value and other Project Management Themes: a Compendium of Technical Articles**. 2014. Disponível em: <<http://www.ricardo-vargas.com/pt/books/book-details/24>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

WOSNY, Guilherme Clasen. **Proposta de base cartográfica para linhas de transmissão de energia elétrica**. 187 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2010.

XAVIER, C. G. **MCDA - Análise de decisão multicritério como ferramenta de avaliação de instalações portuárias: O caso dos terminais de contêineres brasileiros**. 69 p. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas (FGV), 2009.

ZAMBON, K. L. et al. **Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG**. *Pesqui. Oper.*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 183-199, Aug. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382005000200002&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 16 ago. 2019.

APÊNDICE A – Matrizes de decisão dos níveis 2 e 3.

Matriz de Decisão – Nível 2: Critério.

<i>Fator</i>	<i>Socioambiental</i>	<i>Econômica / Infra</i>
<i>Socioambiental</i>	1,00	2,00
<i>Econômica / Infra</i>	0,50	1,00

Matriz de Decisão – Nível 3: Subcritério Socioambiental.

<i>Fator</i>	<i>Floresta</i>	<i>Dens. Pop.</i>	<i>Decliv.</i>	<i>Dist. APP</i>	<i>Pedologia</i>	<i>Litologia</i>	<i>A. San.</i>
<i>Floresta</i>	1,00	2,00	3,00	5,00	6,00	6,00	9,00
<i>Dens. Pop.</i>	0,50	1,00	2,00	4,00	5,00	5,00	8,00
<i>Decliv.</i>	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	4,00	7,00
<i>Dist. APP</i>	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	2,00	5,00
<i>Pedologia</i>	0,17	0,20	0,25	0,50	1,00	1,00	4,00
<i>Litologia</i>	0,17	0,20	0,25	0,50	1,00	1,00	4,00
<i>A. San.</i>	0,11	0,13	0,14	0,20	0,25	0,25	1,00

Matriz de Decisão – Nível 3: Subcritério Econômico e Infraestrutura.

<i>Fator</i>	<i>Dist. Hospitais</i>	<i>Dist. Escolas</i>	<i>Prox. Contorno</i>	<i>Prox. SC407</i>	<i>Valor da Terra</i>	<i>Prox. Industrias</i>	<i>Prox. BR101</i>	<i>Prox. LD</i>
<i>Dist. Hospitais</i>	1,00	1,00	2,00	2,00	5,00	7,00	8,00	9,00
<i>Dist. Escolas</i>	1,00	1,00	2,00	2,00	5,00	7,00	8,00	9,00
<i>Prox. Contorno</i>	0,50	0,50	1,00	1,00	4,00	6,00	7,00	8,00
<i>Prox. SC407</i>	0,50	0,50	1,00	1,00	4,00	6,00	7,00	8,00
<i>Valor da Terra</i>	0,20	0,20	0,25	0,25	1,00	2,00	3,00	4,00
<i>Prox. Industrias</i>	0,14	0,14	0,17	0,17	0,50	1,00	2,00	3,00
<i>Prox. BR101</i>	0,13	0,13	0,14	0,14	0,33	0,50	1,00	2,00
<i>Prox. LD</i>	0,11	0,11	0,13	0,13	0,25	0,33	0,50	1,00

APÊNDICE B – Matrizes de decisão do nível 4: Socioambiental.

Matriz de Decisão – Nível 4: Alternativa Floresta Ombrófila Densa.

<i>Fator</i>	<i>Presente</i>	<i>Ausente</i>
<i>Presente</i>	1,00	0,11
<i>Ausente</i>	9,00	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Densidade Populacional.

<i>Fator</i>	<i>0 - 1500</i>	<i>1500 - 5000</i>	<i>5000 - 10000</i>	<i>10000 - 15000</i>	<i>15000 - 30000</i>
<i>0 - 1500</i>	1,00	6,00	7,00	8,00	9,00
<i>1500 - 5000</i>	0,17	1,00	2,00	3,00	4,00
<i>5000 - 10000</i>	0,14	0,50	1,00	2,00	3,00
<i>10000 - 15000</i>	0,13	0,33	0,50	1,00	2,00
<i>15000 - 30000</i>	0,11	0,25	0,33	0,50	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Declividade.

<i>Fator</i>	<i>0 - 3%</i>	<i>3 - 8%</i>	<i>8 - 20%</i>	<i>20 - 45%</i>	<i>45 - 75%</i>	<i>> 75%</i>
<i>0 - 3%</i>	1,00	4,00	6,00	8,00	9,00	9,00
<i>3 - 8%</i>	0,25	1,00	4,00	6,00	8,00	8,00
<i>8 - 20%</i>	0,17	0,25	1,00	4,00	6,00	6,00
<i>20 - 45%</i>	0,13	0,17	0,25	1,00	3,00	3,00
<i>45 - 75%</i>	0,11	0,13	0,17	0,33	1,00	1,00
<i>> 75%</i>	0,11	0,13	0,17	0,33	1,00	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Distância de APP.

<i>Fator</i>	<i>0 - 50 m</i>	<i>50 - 100 m</i>	<i>100 - 200 m</i>	<i>> 200 m</i>
<i>0 - 50 m</i>	1,00	0,33	0,17	0,11
<i>50 - 100 m</i>	3,00	1,00	0,33	0,17
<i>100 - 200 m</i>	6,00	3,00	1,00	0,33
<i>> 200 m</i>	9,00	6,00	3,00	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Pedologia.

<i>Fator</i>	<i>AVA</i>	<i>AVA</i>	<i>AVA</i>	<i>AVA</i>
<i>AVA</i>	1,00	1,00	9,00	2,00
<i>CH</i>	1,00	1,00	9,00	2,00
<i>GH</i>	0,11	0,11	1,00	0,13
<i>NQ</i>	0,50	0,50	8,00	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Litologia.

<i>Fator</i>	<i>AA</i>	<i>G</i>	<i>O</i>	<i>S</i>	<i>MOG</i>
<i>AA</i>	1,00	0,11	0,11	0,11	0,11
<i>G</i>	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>O</i>	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>S</i>	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>MOG</i>	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Distância de Aterro Sanitário

<i>Fator</i>	<i>0 - 250 m</i>	<i>250 - 500 m</i>	<i>500 - 1000 m</i>	<i>1000 - 2000 m</i>	<i>> 2000 m</i>
<i>0 - 250 m</i>	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11
<i>250 - 500 m</i>	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14
<i>500 - 1000 m</i>	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20
<i>1000 - 2000 m</i>	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33
<i>> 2000 m</i>	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00

APÊNDICE C – Matrizes de decisão do nível 4: Econômico e Infraestrutura (Parte I).

Matriz de Decisão – Nível 4: Distância de Hospital.

<i>Fator</i>	0 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	> 500
0 - 200	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11
200 - 300	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14
300 - 400	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20
400 - 500	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33
> 500	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Distância de Escola.

<i>Fator</i>	0 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	> 500
0 - 200	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11
200 - 300	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14
300 - 400	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20
400 - 500	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33
> 500	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Proximidade do Contorno Viário.

<i>Fator</i>	0 - 250	250 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	> 2000
0 - 250	1,00	2,00	3,00	6,00	9,00
250 - 500	0,50	1,00	2,00	5,00	8,00
500 - 1000	0,33	0,50	1,00	3,00	6,00
1000 - 2000	0,17	0,20	0,33	1,00	3,00
> 2000	0,11	0,13	0,17	0,33	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Proximidade da Rodovia SC-407.

<i>Fator</i>	0 - 250	250 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	> 2000
0 - 250	1,00	2,00	3,00	6,00	9,00
250 - 500	0,50	1,00	2,00	5,00	8,00
500 - 1000	0,33	0,50	1,00	3,00	6,00
1000 - 2000	0,17	0,20	0,33	1,00	3,00
> 2000	0,11	0,13	0,17	0,33	1,00

APÊNDICE D – Matrizes de decisão do nível 4: Econômico e Infraestrutura (Parte II).

Matriz de Decisão – Nível 4: Valor da Terra.

<i>Fator</i>	15 - 50	50 - 85	85 - 115	115 - 175	175 - 255
15 - 50	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00
50 - 85	0,33	1,00	3,00	5,00	7,00
85 - 115	0,20	0,33	1,00	3,00	5,00
115 - 175	0,14	0,20	0,33	1,00	3,00
175 - 255	0,11	0,14	0,20	0,33	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Proximidade de Indústria.

<i>Fator</i>	0 - 50	50 - 100	100 - 200	> 200
0 - 50	1,00	3,00	6,00	9,00
50 - 100	0,33	1,00	3,00	6,00
100 - 200	0,17	0,33	1,00	3,00
> 200	0,11	0,17	0,33	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Proximidade da Rodovia BR-101.

<i>Fator</i>	0 - 250	250 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	> 2000
0 - 250	1,00	2,00	3,00	6,00	9,00
250 - 500	0,50	1,00	2,00	5,00	8,00
500 - 1000	0,33	0,50	1,00	3,00	6,00
1000 - 2000	0,17	0,20	0,33	1,00	3,00
> 2000	0,11	0,13	0,17	0,33	1,00

Matriz de Decisão – Nível 4: Proximidade da Linha de Distribuição.

<i>Fator</i>	0 - 50	50 - 100	100 - 250	250 - 500	> 500
0 - 50	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00
50 - 100	0,33	1,00	3,00	5,00	7,00
100 - 250	0,20	0,33	1,00	3,00	5,00
250 - 500	0,14	0,20	0,33	1,00	3,00
> 500	0,11	0,14	0,20	0,33	1,00